

# **SELVITYS TIE- JA LIKENNETEKNILLISISTÄ LIKENNETURVALLISUUTTA PARANTAVISTA TOIMENPITEISTÄ**

TIE- JA VESIRAKENNUSHALLITUS  
TIESUUNNITTELUOSASTO  
VIATEK OY

TVH 2.358

ISBN 951-46-0797-X

HELSINKI 4.6.1974

20030

IXC

08

TIE -

SELVITYS





5.10.1974

SELVITYS TIE- JA LIIKENNETEKNILLISISTÄ  
LIIKENNETURVALLISUUTTA PARANTAVISTA  
TOIMENPITEISTÄ

TIE- JA VESIRAKENNUSHALLITUS  
TIESUUNNITTELUOSASTO  
VIATEK OY

HELSINKI 04.06.1974

ISBN 951-46-0797-X  
TIE- JA VESIRAKENNUSHALLITUKSEN KIRJASTO

20036



## ALKUSANAT

Tiesuunnitteluosaston teknillistaloudellinen toimisto on useissa yhteyksissä joutunut ottamaan kantaa eri tie- ja liikenneteknillisten toimenpiteiden merkitykseen liikenneturvallisuutta parantavina toimenpiteinä. Tällöin on kannatoissa saatu tukea osaksi TVL:n toimesta viime vuosina suoritettujen tutkimuksien ja selvityksien tuloksista ja osaksi on käytetty hyväksi niitä tietoja, joita eri lähteistä on saatu ulkomailla suoritetuista tutkimuksista.

Jäljempänä olevan selvityksen tarkoituksena on ollut sekä koti- että ulkomaisista lähteistä saatavien eri liikenneturvallisuuden parantamistoimenpiteitä koskevien tietojen kokoaminen siten, että ne palvelisivat entistä tehokkaammin TVL:n toimesta suoritettavaa liikenneturvallisuustyötä. Selvityksessä on pyritty myös kartoittamaan uusia tutkimuskohteita.

Selvitys on laadittu työryhmän toimesta, johon ovat kuuluneet yli-ins. Kirill Härkänen (pj) ja dipl.ins. Teuvo Puttonen tiesuunnitteluosaston teknillistaloudellisesta toimistosta sekä konsulttina toimineen Viatek Oy:n edustajana dipl.ins. Pentti Tieranta ja dipl.ins. Markus Rönty, jotka toimivat työryhmän sihteereinä.

Yli-ins. Kirill Härkänen



SELVITYS TIE- JA LIIKENNETEKNILLISISTÄ  
LIIKENNETURVALLISUUTTA PARANTAVISTA  
TOIMENPITEISTÄ

SISÄLLYSLUETTELO		Sivu
1	JOHDANTO	1
2	LIIKENNEONNETTOMUUSTILASTOJEN TARKASTELU	
2.0	Yleistä	3
2.1	Yleisillä teillä tapahtuneiden liikenneonnettomuuksien määrän ja vakavuusasteen kehitys v. 1967-1972	5
2.2	Onnettomuuksien jakautuminen tienkohtiin tieluokittain	13
2.3	Eri tienkäyttäjärühmien liikenneonnettomuudet	16
2.4	Onnettomuuksien jakautuminen onnettomuustyyppeihin tienkohdittain	18
2.5	Erilaisissa valaistus- ja keliolosuhteissa sekä eri vuodenaikoina tapahtuneet onnettomuudet	22
2.6	Onnettomuuksien jakautuminen onnettomuustyyppeihin tieluokittain	24
3	LIIKENNETURVALLISUUDEN PARANTAMISTOIMENPITEET	
3.0	Yleistä	26
3.1	Erilaisten tienkohtien liikenneturvallisuuden parantamistoimenpiteet	28
3.2	Eräiden tienkäyttäjärühmien liikenneturvallisuuden parantaminen	37
3.3	Erityyppisten onnettomuuksien estämistoimenpiteet	39
3.4	Epäedullisissa olosuhteissa tapahtuvien onnettomuuksien estämistoimenpiteet	43
3.5	Eräiden ajotavasta johtuvien onnettomuuksien estämistoimenpiteet	45
3.6	Eräiden inhimillisistä tekijöistä aiheutuvien onnettomuuksien estämistoimenpiteet	46
3.7	Muita liikenneturvallisuuden parantamistoimenpiteitä	48



4	LIIKENNETURVALLISUUDEN PARANTAMISTOIMENPITEIDEN VAIKUTUKSET ONNETTOMUUKSIEN MÄÄRIIN	
4.0	Yleistä	49
4.1	Suuntauksen parantaminen	50
4.2	Liikenteenohjaustoimenpiteet	62
4.3	Poikkileikkauksen leveyden muuttaminen	72
4.4	Liittymien määrän tai muodon muuttami- nen	83
4.5	Päällysten kitkaominaisuuksien paran- taminen	90
4.6	Tievalaistuksen järjestäminen	94
4.7	Kevyen liikenteen turvallisuuden paran- tamistoimenpiteet	97
4.8	Muiden toimenpiteiden vaikutuksia lii- kenneonnettomuuksien määrään	101
5	LIIKENNETURVALLISUUDEN PARANTAMISTOIMENPITEIDEN KUSTANNUKSET JA MUUT VAIKUTUKSET	
5.0	Yleistä	105
5.1	Erilaisten tienkohtien liikenneturvalli- suuden parantamistoimenpiteiden kustan- nukset	107
5.2	Eräiden tienkäyttäjryhmien liikenne- turvallisuuden parantamistoimenpitei- den kustannukset	118
5.3	Erityyppisten onnettomuuksien estämis- toimenpiteiden kustannukset	120
5.4	Epäedullisissa olosuhteissa tapahtunei- den onnettomuuksien estämistoimenpitei- den kustannukset	124
5.5	Eräiden ajotavasta johtuvien onnetto- muuksien estämistoimenpiteiden kustan- nukset	126
5.6	Eräiden inhimillisistä tekijöistä ai- heutuvien onnettomuuksien estämistoi- menpiteiden kustannukset	127
5.7	Muiden liikenneturvallisuuden paranta- mistoimenpiteiden kustannukset	129

6	LIIKENNETURVALLISUUDEN PARANTAMISKOHTEIDEN JA TOIMENPITEIDEN VALINTA	
6.0	Yleistä	130
6.1	Onnettomuuksien kasautumispisteiden (black-spots) selvittämisessä käytettävät menetelmät	132
6.2	Liikenneturvallisuuteen vaikuttavien tekijöiden tutkiminen	138
6.3	Liikenneturvallisuuden parantamistoimenpiteiden valintamenetelmät	143
7	ESIMERKKEJÄ LIIKENNETURVALLISUUDEN PARANTAMISTOIMENPITEIDEN VALINNASTA	149
8	ONNETTOMUUSTILASTOJEN JA LIIKENNETURVALLISUUDEN TUTKIMUSMENETELMIEN KEHITTÄMISESTÄ	155
9	LÄHDELUETTELO	158



## 1. JOHDANTO

Liikenneturvallisuuden parantaminen voi tapahtua erilaisilla tie- ja liikenneteknisillä toimenpiteillä, joiden tarkoituksena voi olla tieolosuhteiden järjestäminen entistä selväpiirteisemmäksi, turvallisten olosuhteiden ylläpitäminen tai tieolosuhteiden saattaminen ajan tasalle mm. liikenneturvallisuuksnäkökohtien kannalta. Jotta liikenneturvallisuuden parantamistoimenpiteillä päästäisiin mahdollisimman tehokkaan tulokseen tarvitaan toimenpiteiden toteuttamisen kiireellisyysjärjestyksen selvittämistä. Tämän kaltaisten selvitysten laatiminen edellyttää, että tunnetaan

- liikenneturvallisuuden parantamistoimenpiteet
- em. toimenpiteiden vaikutukset
- toimenpiteiden vaatimat kustannukset
- liikenneturvallisuuden parantamiskohteiden valintaperusteet

Edellä mainittuja tietoja voidaan saada tarkastelemalla onnettomuustilastoja. Onnettomuustilastot ja onnettomuuspaikkaa koskevat tiedot antavat viitteitä liikenneturvallisuuden parantamiskohteista sekä toimenpiteiden tarpeellisuudesta ja kiireellisyydestä. Onnettomuustilastojen perusteella voidaan myöhemmin tehdä johtopäätöksiä parantamistoimenpiteiden vaikutuksesta liikenneturvallisuuteen. Voidaan myös kehittää menetelmiä, joilla em. parantamistoimenpiteiden vaikutuksia koskevien tietojen perusteella voidaan liikenneturvallisuuden asettamat vaatimukset ottaa huomioon teiden suunnittelussa. Samoin voidaan kehittää sellaisia menetelmiä, joilla turvallisuutta voidaan nopeasti arvioida. Tällaisista menetelmistä voidaan mainita esimerkiksi liikenteen tarkkailututkimukset.

Liikenneturvallisuuden parantamistoimenpiteistä aiheutuu kustannusten lisäksi usein myös muita vaikutuksia. Toimenpide saattaa vaikuttaa esim. ajokustannuksia lisäävästi tai



vähentävästi, muuttaa liikenne- tai asuinympäristöä tai maisemakuvaa tms. Näiden kaikkien tekijöiden arvioiminen yksinomaan rahana ei ole yleensä mahdollista, vaan tähän tarvitaan muita tarkastelutapoja. Tällaisissa tarkasteluissa tulee kysymykseen ns. arvoanalyysi tai muu edullisuustarkastelu, jossa kukin näkökohta otetaan huomioon ja painotetaan tarkoituksenmukaisella tavalla. Tässä selvityksessä ei ole tarkoitus lähemmin syventyä arvoanalyysiin liittyviin kysymyksiin, vaan työssä on keskitytty lähinnä tarkastelemaan eri toimenpiteistä aiheutuvia kustannuksia sekä toimenpiteiden vaikutuksia.

Liikenneturvallisuuden parantamistoimenpiteiden kiireellisyysjärjestyksen selvittämiseksi olisi ennen kaikkea saatava luotettavaa aineistoa toimenpiteiden liikenneturvallisuutta parantavasta vaikutuksesta. Tässä selvityksessä on pyritty kokoamaan liikenneturvallisuuden parantamistoimenpiteistä tällä hetkellä saatavissa oleva tieto.

Tämän selvityksen lopussa on esitetty muutamia käytännön esimerkkejä siitä, kuinka toimenpiteiden kiireellisyysjärjestystä voitaisiin selvittää. Samoin on koottu työryhmän näkemyksiä niistä seikoista, joita liikenneturvallisuuden parantamistoiminnan jatkoselvityksissä ensisijaisesti tarvittaisiin.

Liikenneturvallisuuden parantamistoimenpiteet ovat nykyään virkeän tutkimustoiminnan kohteena. Näillä tutkimuksilla pyritään hankkimaan mahdollisimman laajat perustiedot, joilla voidaan sitten tietojen karttumisen myötä täydentää myös tätä selvitystä.



## 2. LIIKENNEONNETTOMUUSTILASTOJEN TARKASTELU

### 2.0 YLEISTÄ

Liikenneonnettomuuksien tilastoinnin tarkoituksena on antaa perustietoja olemassa olevalla tieverkolla tapahtuvista onnettomuuksista, niiden määrällisestä ja ajallisesta vaihtelusta sekä onnettomuuksien vakavuusasteen kehityksestä. Onnettomuustilastoja voidaan siten käyttää erilaisessa seurantatyössä sekä liikenneturvallisuuden parantamiskohteita ja parantamistoimenpiteitä valittaessa.

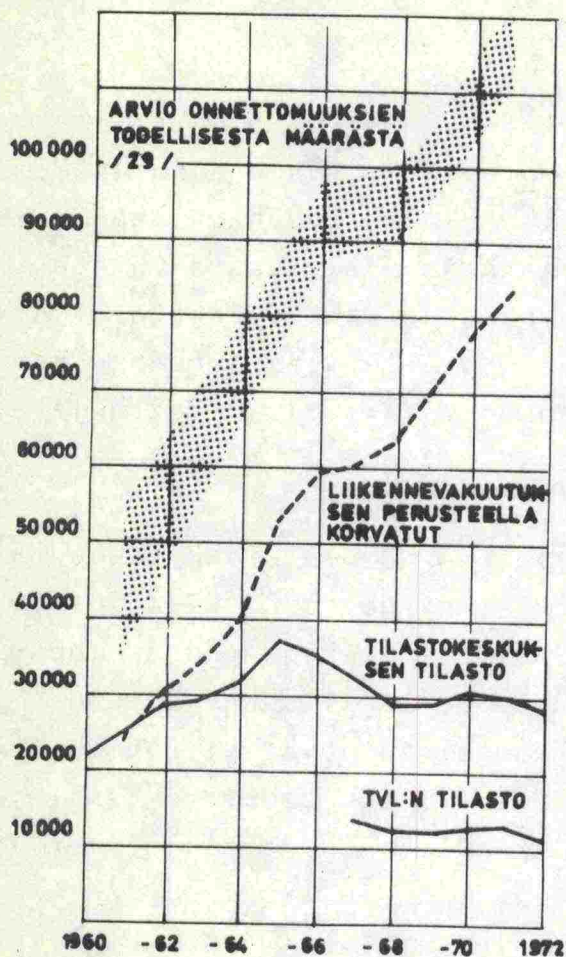
Liikenneonnettomuustilastoja alettiin TVH:ssa pitää vuodesta 1967 lähtien. Tämän teki mahdolliseksi se, että tällöin alettiin TVH:n aloitteesta merkitä myös liikenneonnettomuuksien tapahtumapaikkoja koskevat tiedot tieliikennevahinkoilmoituksiin. Tieviranomaisten kannalta luovat tilastot edellytykset mm. ennen-jälkeen -tutkimusten suorittamiselle, tilastojen perusteella voidaan paikallistaa vaarallisimmat tiekohdat jne.

Kun tarkastellaan liikenneonnettomuustilastoja, voidaan onnettomuudet jaotella usealla eri tavalla. Erilaisella jaotelulla voidaan saada esille eri onnettomuusryhmiä, joiden torjuntaan voidaan käyttää tiettyjä toimenpiteitä. Jäljempänä tuodaan yleisesti esille onnettomuuksien kehittymistä, minkä jälkeen on pyritty löytämään em. onnettomuusryhmiä.

TVL:n liikenneonnettomuustilastoissa esitettävät onnettomuusmäärät käsittävät yleisillä teillä tapahtuneet poliisin tietoon tulleet onnettomuudet. Näissä tilastoissa eivät kuitenkaan ole mukana läheskään kaikki yleisillä teillä tapahtuneet onnettomuudet, sillä suuri osa onnettomuuksista ei tule poliisin tietoon. Kuvassa 1 on esitetty liikenneonnettomuuksien määrä eri tilastojen valossa. Liikenneonnettomuuksista jää poliisin tietoon tulematta pääasiassa aineellisiin vahinkoihin johtavia onnettomuuksia.



**LIIKENNEONNETTOMUUKSIEN LUKUMÄÄRÄ**



Kuva 1

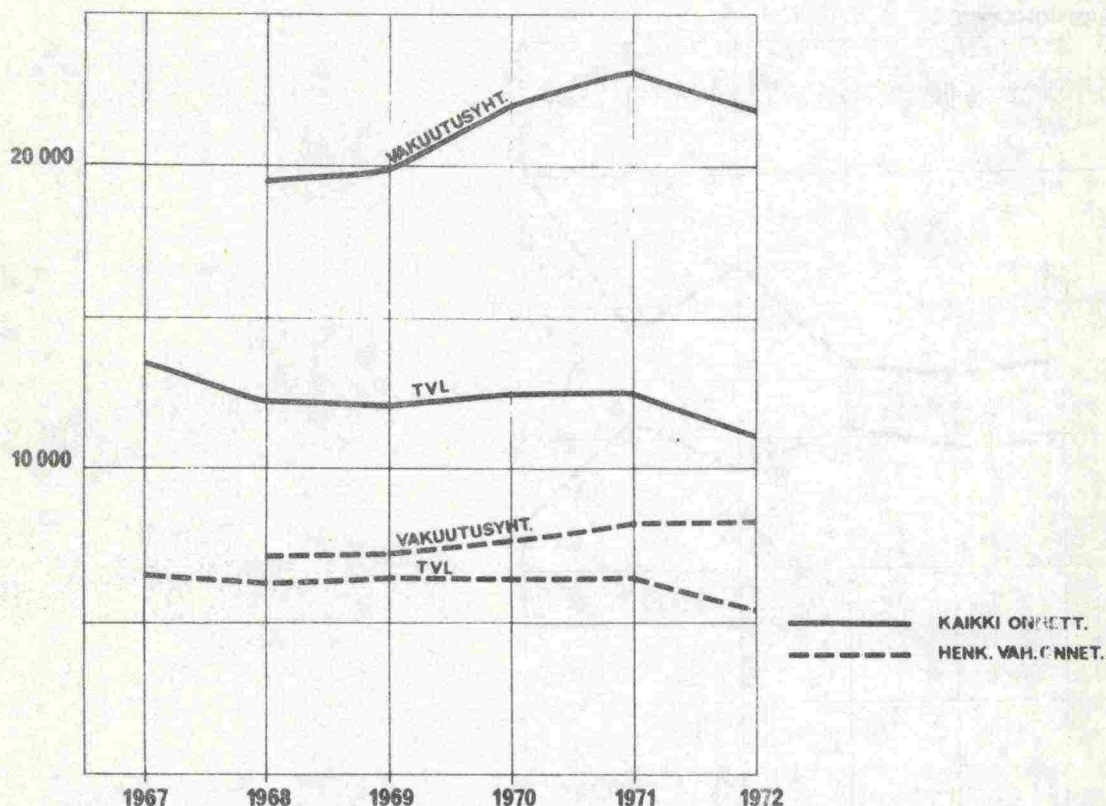
Liikenneonnettomuuksien kehitys eri tilastojen valossa vuosina 1960...71.  
TVL:n tilasto koskee vain yleisiä teitä.

Jäljempänä tarkastellaan onnettomuustilastoja yleisten teiden osalta pelkästään TVL:n tilastojen perusteella. Koska tilastossa ei ole mukana läheskään kaikki tapahtuneet onnettomuudet, voidaan todeta esimerkiksi jollakin toimenpiteellä saavutetun onnettomuuksien vähenemisen olevan yleensä huomattavasti suurempi kuin mitä tilastot osoittavat. Tämän työn yhteydessä ei kuitenkaan pyritä arvioimaan tarkemmin sellaisten onnettomuuksien vaikutusta liikenneturvallisuuden parantamistoimenpiteiden valintaan eikä toimenpiteistä saavutettavaan hyötyyn, jotka eivät ole mukana onnettomuustilastoissa.

## 2.1 YLEISILLÄ TEILLÄ TAPAHTUNEIDEN LIIKENNEONNETTOMUUKSIEN MÄÄRÄN JA VAKAVUUSASTEEN KEHITYS V. 1967...1972

### 2.1.1 Yleisillä teillä tapahtuneiden onnettomuuksien määrä

Yleisillä teillä tapahtuneiden liikenneonnettomuuksien määrän kehitys eri tilastojen mukaan on esitetty kuvassa 2 ja taulukossa 1.



Kuva 2

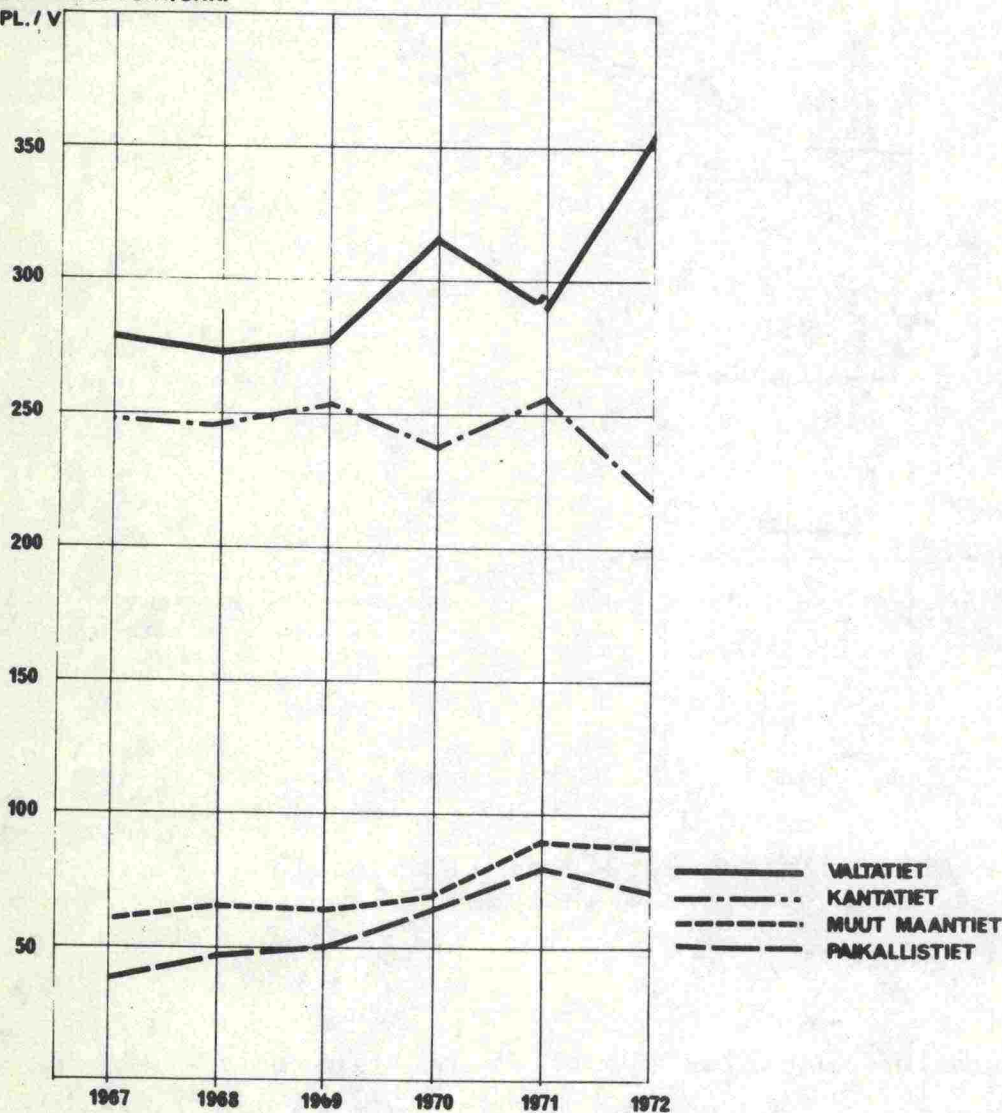
Liikenneonnettomuuksien määrä yleisillä teillä TVL:n ja vakuutusyhtiöiden tilastojen mukaan v. 1967...1971

Onnettomuuksien kokonaismäärä on TVL:n tilastojen mukaan vähentynyt vuodesta 1967 vuoteen 1971 noin 17 %:lla ja vakuutusyhtiöiden tilastojen mukaan lisääntynyt noin 4,5 %:lla. Ero eri tilastojen välillä johtuu siitä, että yhä pienempi osa seurauksiltaan lievestä onnettomuuksista tulee poliisiviranomaisten tietoon ja TVL:n tilastoihin.



Kuolemaan johtaneiden onnettomuuksien määrä on yleisillä teillä lisääntynyt tarkasteltavalla aikavälillä 625:sta 737:ään. Kasvu on noin 12 %. Tieluokittain on kuolemaan johtaneiden onnettomuuksien kasvu ollut nopeinta valtateillä (kuva 3). Kantateillä on kuvassa 2 esitetyn diagrammin mukaan tapahtunut kuolemaan johtaneiden onnettomuuksien määrän vähenemistä. Tämä onnettomuuksien määrän näennäinen väheneminen johtuneee kantateiden kokonaispituuden pienenemisestä.

KUOLEMAAN JOHT.ONN.  
KPL./V



Kuva 3

Kuolemaan johtaneiden onnettomuuksien määrän kehitys tieluokittain v. 1967...1972



	Onnettomuuksia kpl					
	1967	1968	1969	1970	1971	1972
VALTATIET						
Kuolemaan johtaneet	279	273	277	316	290	356
Loukkaant. "	1 871	1 691	1 777	1 855	1 777	1 652
Ainevahink. "	2 329	2 127	2 069	2 434	2 340	2 034
Yhteensä	4 479	4 091	4 123	4 605	4 407	4 042
KANTATIET						
Kuolemaan johtaneet	38	47	50	64	80	74
Loukkaant. "	323	277	375	349	347	402
Ainevahink. "	508	437	384	429	479	491
Yhteensä	869	761	809	842	906	967
MUUT MAANTIET						
Kuolemaan johtaneet	248	246	253	238	256	219
Loukkaant. "	2 255	2 115	2 174	1 989	2 015	1 790
Ainevahink. "	3 326	2 829	2 629	2 699	2 744	2 172
Yhteensä	5 829	5 190	5 056	4 926	5 015	4 181
PAIKALLISTIET						
Kuolemaan johtaneet	60	65	64	69	90	88
Loukkaant. "	843	794	885	802	831	781
Ainevahink. "	1 292	1 212	1 205	1 244	1 266	1 106
Yhteensä	2 195	2 071	2 154	2 115	2 187	1 975
KAIKKI YLEISET TIET						
Kuolemaan johtaneet	625	631	644	687	716	737
Loukkaant. "	5 292	4 877	5 211	4 995	4 970	4 625
Ainevahink. "	7 455	6 605	6 287	6 806	6 829	5 803
Yhteensä	13 372	12 113	12 142	12 488	12 515	11 165

Taulukko 1

Onnettomuuksien määrä tieluokittain v. 1967...1972



Loukkaantumiseen johtaneet onnettomuudet ovat yleisillä teillä vähentyneet vuodesta 1967 vuoteen 1971 noin 13 %:lla, 5 292:sta 4 625:een. Loukkaantumiseen johtaneet onnettomuudet ovat vähentyneet kaikilla muilla teillä paitsi kantateillä, joilla ne ovat lisääntyneet noin 12 %:lla.

Aineellisiin vahinkoihin johtaneet onnettomuudet ovat TVL:n tilastojen mukaan vähentyneet yleisillä teillä 7 455:stä 5 803:een eli noin 12 %. Nämä onnettomuudet ovat vähentyneet kaikissa tieluokissa.

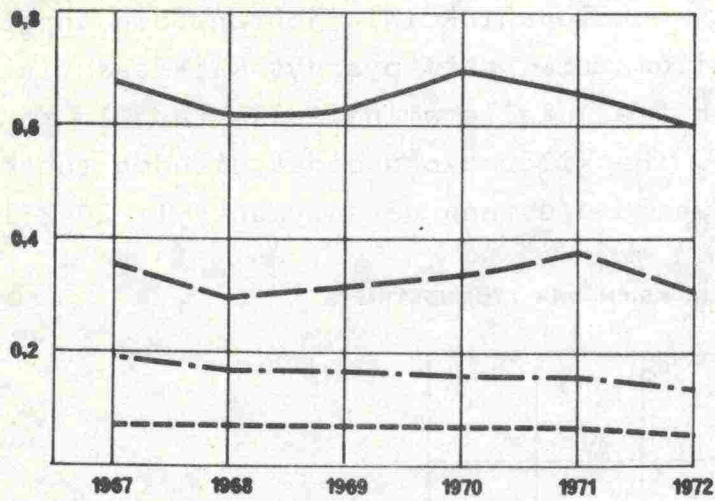
#### 2.1.2 Yleisillä teillä tapahtuneiden onnettomuuksien määrän kehitys suhteessa ajosuoritteeseen ja tiepituuksiin

Kuvassa 4 on esitetty yleisillä teillä tapahtuneiden onnettomuuksien onnettomuustiheyden ja onnettomuusasteen kehitys. Onnettomuustiheys on pysynyt koko tarkasteluajanjaksona suunnilleen saman suuruisena. Valtateillä tapahtuu suuresta liikennemäärästä johtuen vuosittain keskimäärin 0,6...0,7 liikenneonnettomuutta tiekilometriä kohti, kun taas esimerkiksi paikallisteillä vastaava luku on noin 0,1.

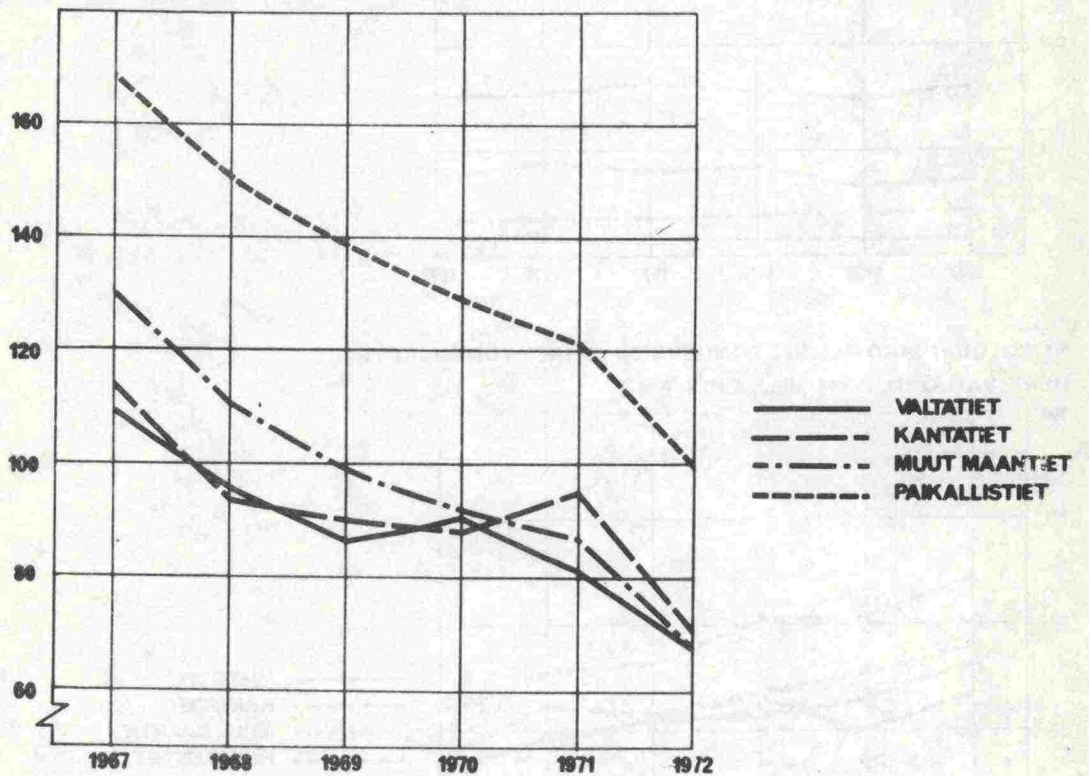
Onnettomuusaste on tarkasteluajanjaksona laskenut eli suhteellinen liikenneturvallisuustaso on parantunut. Tämä näennäinen liikenneturvallisuuden parantuminen tosin johtuu siitä, että TVL:n tietoon on tullut yhä pienempi osa tapahtuneista onnettomuuksista sekä toisaalta ajosuoritteen kasvusta.



**ONNETTOMUUSTIHEYS**  
**ONN./KM**



**ONNETTOMUUSASTE**  
**ONN. / 100 MILJ. AJON. KM**



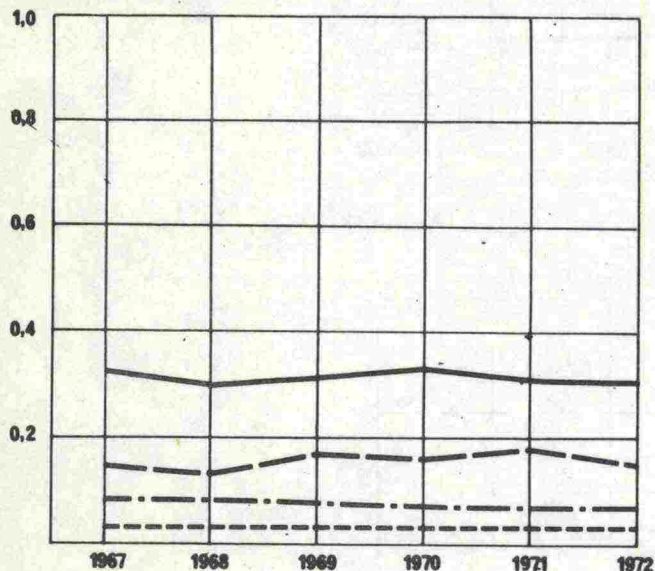
Kuva 4

Onnettomuustiheyden ja -asteen kehitys  
 yleisillä teillä v. 1967...1972

Kuvassa 5 on esitetty henkilövahinkoihin johtaneiden onnettomuuksien onnettomuusasteen ja onnettomuustiheyden kehitys yleisillä teillä. Henkilövahinkoihin johtaneiden onnettomuuksien määrä on tiekilometriä kohti pysynyt kaikissa tieluokissa samalla kullekin tieluokalle ominaisella tasolla koko tarkasteluajanjaksona. Henkilövahinko-onnettomuudet suhteessa ajosuoritteeseen ovat puolestaan vähentyneet yli 20 %:lla.

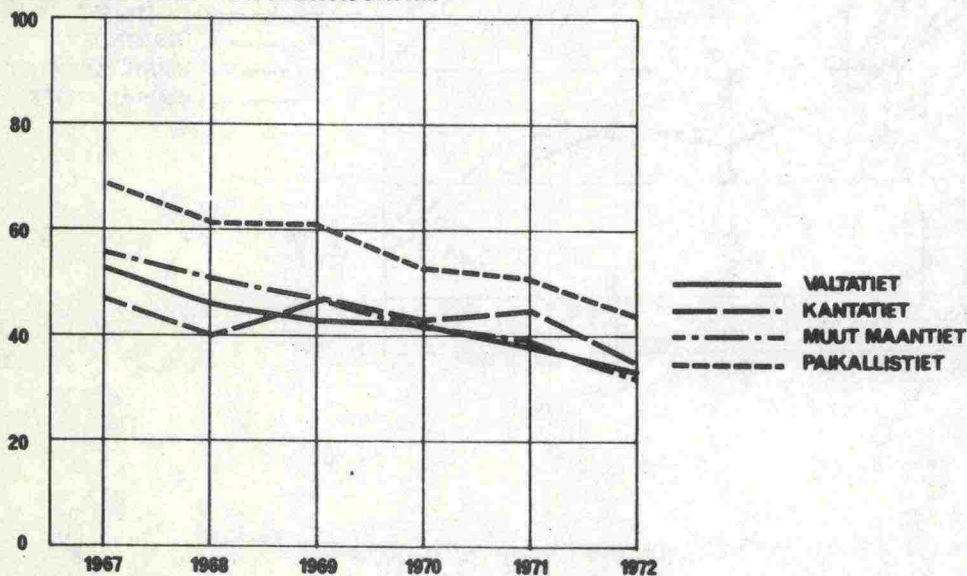
#### HENKILÖVAHINKO - ONNETTOMUUKSIEN ONNETTOMUUSTIHEYYS

HENK. VAH. ONN. / KM



#### HENKILÖVAHINKO - ONNETTOMUUKSIEN ONNETTOMUUSASTE

HENK. VAH. ONN. / 100 MILJ. AJON. KM

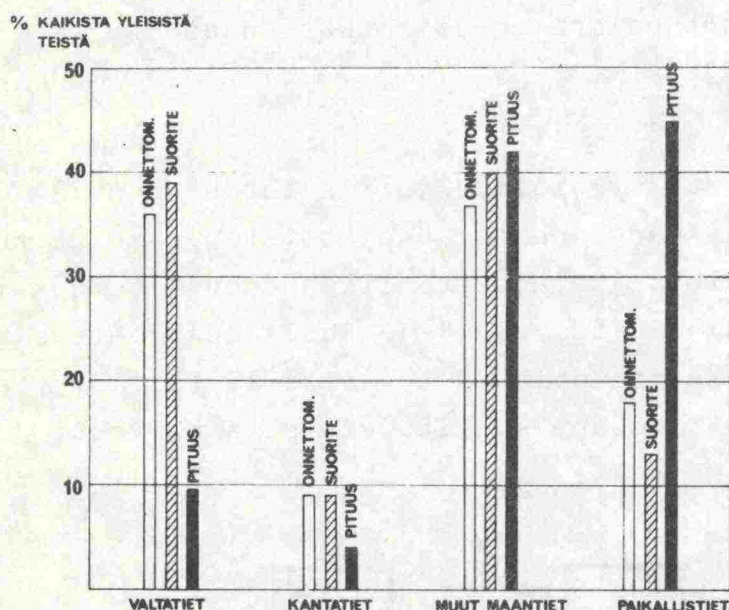


Kuva 5

Henkilövahinko-onnettomuustiheyden ja -asteen kehitys yleisillä teillä v. 1967...1972



Kuvassa 6 on esitetty eri tieluokkien osuus kaikista yleisillä teillä tapahtuneista liikenneonnettomuuksista, yleisten teiden liikennesuoritteesta sekä yleisten teiden kokonaispituudesta vuonna 1972. Kuvasta voidaan todeta, että liikenneonnettomuuksien määrä jakautuu paikallisteitä lukuunottamatta lähes liikennesuoritteen osoittamassa suhteessa.



Kuva 6

Eri tieluokkien osuus kaikkien yleisten teiden liikenneonnettomuuksista, liikennesuoritteesta ja pituudesta vuonna 1972

### 2.1.3 Yleisillä teillä tapahtuneiden liikenneonnettomuuksien osuus kaikista tieliikenneonnettomuuksista

Taulukossa 2 on esitetty tie- ja vesirakennuslaitoksen keräämät tiedot yleisillä teillä tapahtuneista liikenneonnettomuuksista vuosilta 1967...1971. Tilasto perustuu poliisin tietoon tulleisiin onnettomuuksiin.

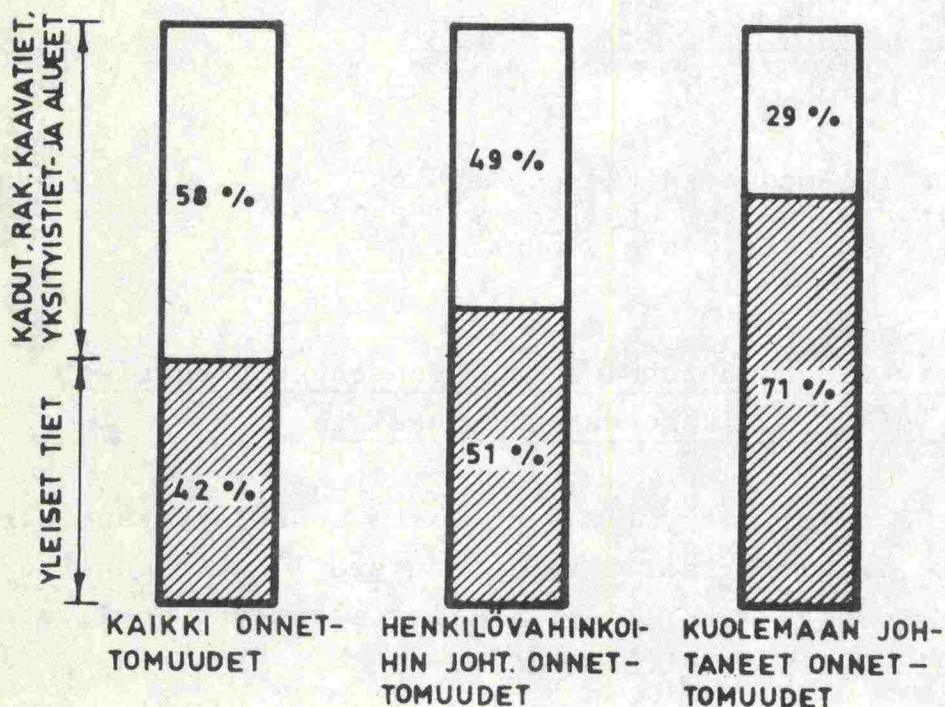


Poliisin tietoon tulleet onnettomuudet (Tilastokeskus ja TVH)															
Vuosi	Kaikki onnettom.			Henk.vah.joht.onn.			Kuolemaan joht.onn.			Uhrien lukumäärä			Kuolleiden lukum.		
	yl.tiet	koko maa	%	yl.tiet	koko maa	%	yl.tiet	koko maa	%	yl.tiet	koko maa	%	yl.tiet	koko maa	%
1967	13546	32040	42	5982	11572	52	633	890	71	9289	16318	57	694	973	71
1968	12235	28962	42	5538	10746	52	634	860	74	8620	15309	56	702	939	75
1969	12159	29053	42	5864	11368	52	647	929	70	9183	16254	56	710	1006	71
1970	12522	30466	41	5697	11439	50	688	973	71	9549	17083	56	758	1055	72
1971	12539	30005	42	5695	11465	50	717	1041	69	9520	17169	55	791	1143	69
ka 67-71			42	ka 67-71			51	ka 67-71			71	ka 67-71			72

Taulukko 2

Yleisillä teillä tapahtuneiden onnettomuuksien osuus (prosentteina) kaikista tieliikenneonnettomuuksista

Voidaan siis todeta, että yleisillä teillä tapahtuu noin 30...40 % kaikista liikenneonnettomuuksista (taulukko 2, kuva 7). Henkilövaurioihin johtaneista liikenneonnettomuuksista tapahtuu kuitenkin noin 50...60 % ja kuolemaan johtaneista liikenneonnettomuuksista noin 70 % yleisillä teillä. Vakavimmat liikenneonnettomuudet keskittyvät siis selvästi yleisille teille.



Kuva 7

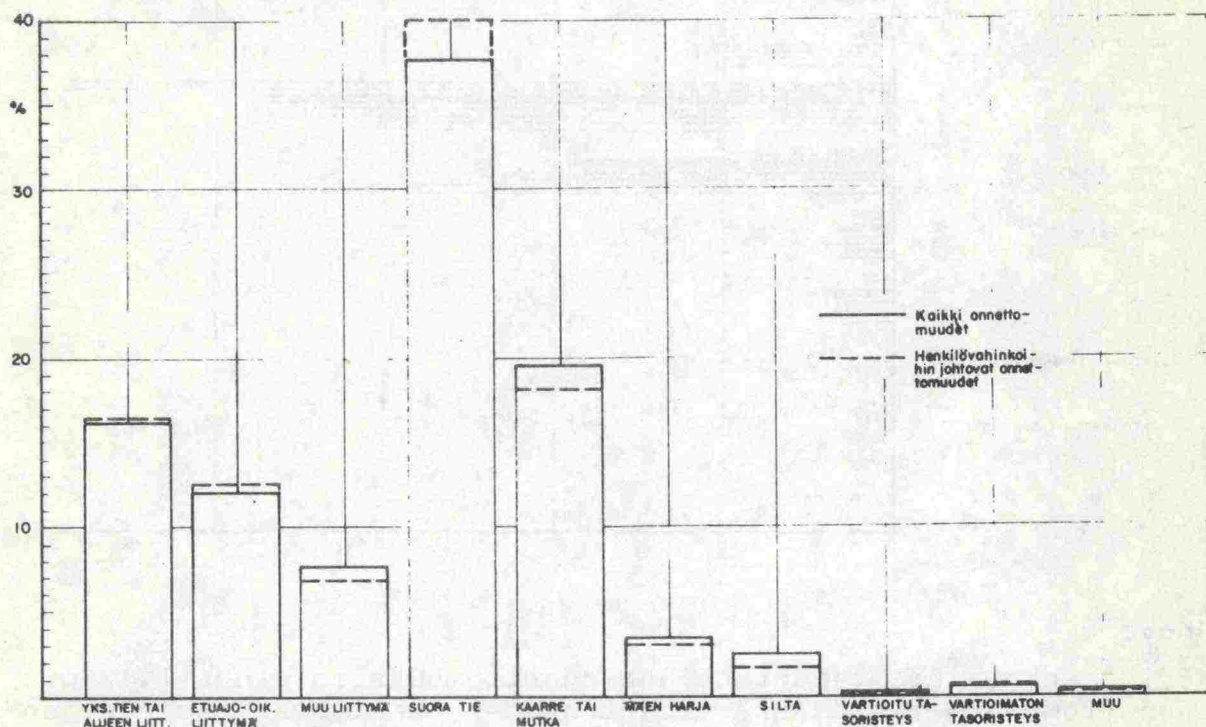
Yleisillä teillä tapahtuneiden liikenneonnettomuuksien osuus kaikista tieliikenneonnettomuuksista vuosina 1967...1971 poliisin tietojen perusteella



## 2.2

## ONNETTOMUUKSIEN JAKAUTUMINEN TIENKOHTIIN TIELUOKITTAIN

Onnettomuuksien jakautuminen tienkohtiin on esitetty kuvissa 8 ja 9.



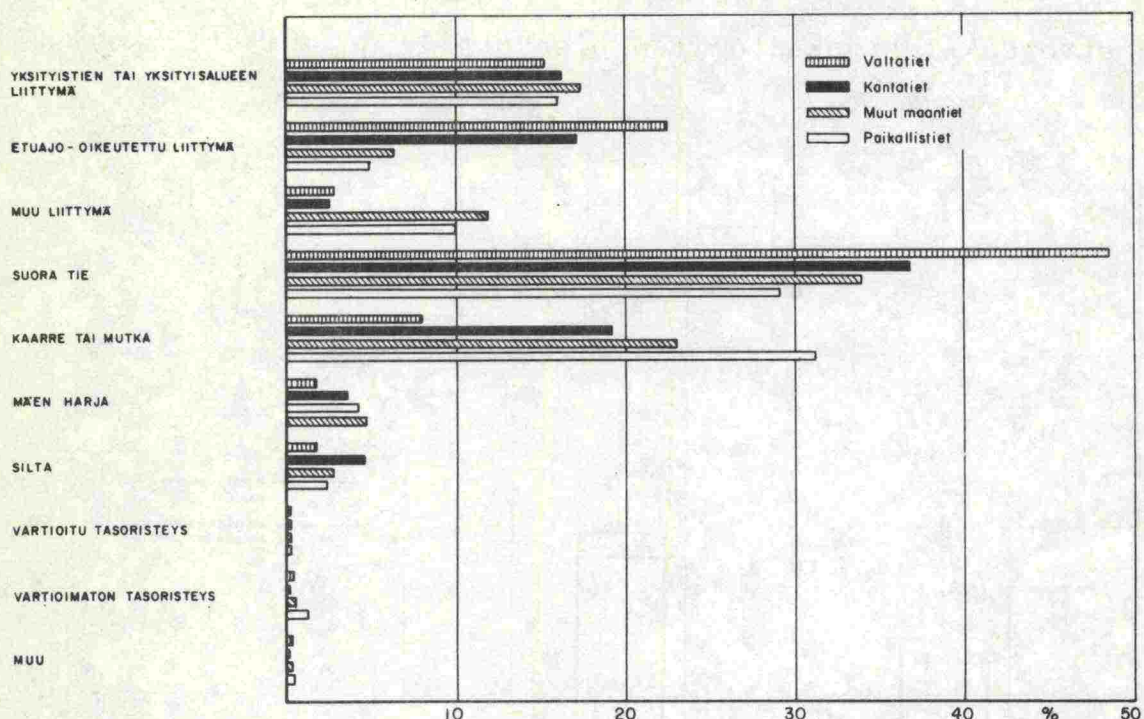
Kuva 8

Onnettomuuksien jakautuminen tienkohtiin tieluokittain vuosina 1967...1969

Kaikki onnettomuudet ja henkilövahinkoihin johtaneet onnettomuudet jakaantuvat eri tienkohtiin suunnilleen samalla tavalla (kuva 9). Näennäisesti tilastot osoittavat, että eniten onnettomuuksia tapahtuu suorilla tieosilla, mikä johtuu osittain siitä, että suoria teitä on paljon sekä osaksi myös siitä, että loivat kaarteet saatetaan merkitä suoriksi tienosiksi.

Suoralla tieosalla tapahtuneiden onnettomuuksien osuus on valtateilla n. 49 %, kantateilla n. 37 %, muilla maanteilla n. 34 % ja paikallisteilla n. 29 %. Kaarteissa tai mutkassa tapahtuneiden onnettomuuksien osuuksissa on suuntaus eri tieluokkien välillä päinvastainen; kaarteissa sattuu onnettomuuksista valtateilla vain n. 7 %, kantateilla n. 19 %, muilla maanteilla n. 23 % ja paikallisteilla n. 31 %.





Kuva 9

Eri tienkohdissa tapahtuneiden onnettomuuksien osuus (%) koko onnettomuusmäärästä sekä tapahtuneiden henkilövahinkoihin johtaneiden onnettomuuksien osuus kaikista henkilövahinkoihin johtaneista onnettomuuksista vuosina 1967...1969

Liittymissä tapahtuu kaikista onnettomuuksista valtateillä n. 41 %, kantateillä ja muilla maanteillä n. 36 % ja paikallisteillä n. 31 %. Yksityistien tai yksityisalueen liittymissä sattuneiden onnettomuuksien osuudesta ei ole tieluokien välillä olennaisia eroja (osuus keskimäärin n. 16 %). Etuajo-oikeutetuissa liittymissä sattuneiden onnettomuuksien osuus on valtateillä n. 23 %, kantateillä n. 17 % ja muilla maanteillä ja paikallisteillä 6...5 %. Muissa liittymissä sattuneiden onnettomuuksien osuus on valtateillä ja kantateillä n. 3 %, muilla maanteillä ja paikallisteillä 12...10 %. Huoltoasemien liittymissä tapahtuu n. 20 % yksityisteiden liittymien onnettomuuksista /17/.



Mäen harjalla tapahtuneiden onnettomuuksien osuus on keskimäärin hieman yli 3 %. Valtateillä näiden onnettomuuksien suhteellinen osuus on hieman pienempi kuin muilla yleisillä teillä.

Edellä esitettyjen tilastotietojen perusteella voidaan onnettomuuksista todeta varsin huomattavan osan tapahtuvan liittymissä. Erityisesti on huomattava yksityisten teiden varsin suuri liittymäonnettomuuksien lukumäärä suhteessa niiden vähaiseen liikenteeseen. Tämä johtunee näiden liittymien suuresta määrästä. Samoin kaarreonnettomuudet tulevat esiin sellaisena suurena onnettomuusryhmänä, johon parantamistojenpiteillä tulisi pyrkiä vaikuttamaan. Pienimpinä onnettomuusryhminä esiintyvät selvästi tasoristeyksissä ja nk. muissa tienkohdissa tapahtuvat onnettomuudet.

## 2.3

## ERI TIENKÄYTTÄJÄRYHMIEN LIIKENNEONNETTOMUUDET

Liikenneonnettomuuksissa osallisena olivat eri tienkäyttäjärhyvät yleisillä teillä v. 1967...1969 taulukossa 3 esitetysä suhteessa.

Tienkäyttäjärhyvä	Onnettomuuksien lukumäärä (kpl)	Onnettomuuksien suhteellinen osuus (%)
Yksi ajoneuvo	10 279	23
Kaksi ajoneuvoa	25 316	58
Kolme tai useampia ajoneuvoja	2 345	5
Kevyt liikenne	4 989	11
Eläin	1 371	3

Taulukko 3

Liikenneonnettomuuksien osalliset

Sellaisista liikenneonnettomuuksista, joissa oli yksi osallinen ajoneuvo, oli noin 83 % suistumisonnettomuuksia. Henkilövahinkoihin johti yhden osallisen ajoneuvon onnettomuuksista noin 46 %.

Kahden osallisen ajoneuvon onnettomuuksista johti henkilövahinkoihin noin 45 %. Kolmen tai useamman ajoneuvon onnettomuuksista vastaavasti noin 52 % johti henkilövahinkoihin.

Kevyen liikenteen onnettomuudet jakaantuivat taulukossa 4 esitetyllä tavalla (onnettomuuksien kokonaismäärä ylittää edellä olevassa taulukossa esitetyn määrän 4 989 onnettomuutta, koska joissakin onnettomuuksissa on osallisena ollut sekä jalankulkija että polkupyöräilijä tai kelkkailija).



Onnettomuuslaji	Onnettomuuksia (kpl)	Onnettomuuksien osuus kaikista onnettomuuksista (%)
Jalankulkijan päälle- ajo	2 716	7,2
Muita onnettomuuksia, joissa oli osallisena jalankulkija	131	0,3
Onnettomuuksia, joissa oli osallisena polku- pyöräilijä	2 126	5,6
Onnettomuuksia, joissa oli osallisena kelkkai- lija	69	0,2
Yhteensä onnettomuuksia	4 989	13,1

Taulukko 4

Kevyen liikenteen onnettomuuksien jakaantuminen

Kaikista yleisillä teillä kuolleista on yli 40 % ja loukkaantuneista noin 18 % kevyeen liikenteeseen kuuluvia, vaikka näiden onnettomuuksien osuus kaikista onnettomuuksista on vain 13 %.

Eläinten päälleajoissa oli v. 1967...1969 osallisena hirvi 31,5 %:ssa, poro 35,4 %:ssa, kotieläin 9,3 %:ssa ja muu eläin 23,9 %:ssa tapauksista.

Liikenneonnettomuuksissa osallisena olevista voidaan edellä esitettyjen tilastotietojen valossa huomata kevyen liikenteen onnettomuuksien suuri määrä ja erityisesti näiden onnettomuuksien vakavuus. Nimenomaan näiden onnettomuuksien vakavien seurauksien vuoksi tulisi niiden estämiseen pyrkiä mahdollisimman tehokkaasti.

## 2.4 ONNETTOMUUKSIEN JAKAUTUMINEN ONNETTOMUUSTYYPEIHIN TIENKOHDITTAIN

Onnettomuustyypeillä tarkoitetaan tässä yhteydessä seuraavaa onnettomuuteen johtaneeseen tapahtumaan perustuvaa jaotittelua, jota on käytetty myös eri tilastojen laatimisen lähtökohtana

- kumoonajo ajoradalla
- yhteenajo samaa tietä vastakkaiseen suuntaan ajaen
- yhteenajo samaa tietä samaan suuntaan ajaen
- yhteenajo risteyksessä eri teitä ajaen
- peräänajo liikkeellä olevaan tai liikenne-esteen takia pysähtyneeseen ajoneuvoon
- ajo muuhun esteeseen ajoradalla
- ajo pysähtyneen tai pysäköidyn moottoriajoneuvon perään tai sivuun
- ajo jalankulkijan päälle
- suistuminen tieltä
- ajo esteeseen ajoradan ulkopuolella
- muu vaurio

Onnettomuuksien jakautuminen eri onnettomuustyyppeihin tienkohdittain v. 1967...1969 on esitetty taulukossa 5.

Kumoonajoja ajoradalla tapahtuu eniten suorilla tieosilla (n. 52 %) ja kaarteissa tai mutkissa (n. 27 %).

Kohtaamisonnettomuuksia (yhteenajoja samaa tietä vastakkaisiin suuntiin ajaen) tapahtuu eniten kaarteissa tai mutkissa (n. 32 %) ja seuraavaksi eniten suorilla tienosilla (n. 30 %) ja liittymissä (n. 23 %). Suorilla tienosilla ovat kohtaamisonnettomuudet seurauksiltaan keskimääräistä vakavampia.



		Onnettomuuksia kpl											
Onnettomuus- tyyppi	Tienkohta	Kumoonajo ajoradalla	Yhteenajo samaa tietä vastakk. suuntiin ajaen	Yhteenajo samaa tietä samaan suun- taan ajaen	Yhteenajo risteyk- sessä eri teitä ajaaen	Peräajon liikkeellä olev. tai liik.est. takia pysäntyneeseen ajoneuvoon	Ajo muuhun este- eseen ajoradalla	Ajo pysäht. tai pysäk. ajoneuvon perään tai sivuun	Muu vaurio	Ajo jalankulkijan päälle	Suistuminen tieltä	Ajo esteeseen ajo- radan ulkopuolella	Yhteensä
Yks.tien tai al.liit- tymä		25	740	1 672	2 060	601	18	134	77	428	316	28	6 099
Etuajo-oikeutettu liittymä		46	466	620	2 158	516	41	52	47	154	386	55	4 541
Muu liittymä		19	326	379	1 422	192	32	44	32	104	303	35	2 888
Suora tie		334	1 998	1 529	38	1 459	454	999	1 103	1 752	4 293	246	14 205
Kaarre tai mutka		174	2 221	185	5	169	51	144	254	228	3 790	142	7 363
Mäen harja		27	503	47	3	101	11	64	110	72	333	11	1 282
Silta		11	358	26	2	96	23	23	26	31	141	154	891
Vartioitu tasoristeys		1	4	3	5	1	5	1	19	2	6	7	54
Vartioimaton taso- risteys		2	17	2	74	6	4	1	78	3	19	-	206
Muu tienkohta		1	13	6	9	4	-	16	23	6	17	3	98
Yhteensä		640	6 646	4 469	5 776	3 145	639	1 478	1 769	2 780	9 604	681	37 627



Yhteenaajoja samaa tietä samaan suuntaan ajaen tapahtuu eniten yksityisen tien tai alueen liittymissä (n. 37 %) ja seuraavaksi eniten suorilla tieosilla (n. 34 %). Liittymien osuus on kokonaisuudessaan n. 60 %. Näistä onnettomuuksista suurin osa tapahtuu ohitustilanteissa. Noin kolmasosa ohitusonnettomuuksista (toisen osallisen toimintaa kuvaa maininta "oli ohittamassa") on tapahtunut yksityistien tai -alueen liittymässä ja näistä tapauksista lähes kaikissa (91 %) on toinen osallinen ollut kääntymässä vasemmalle. Yksityisen tien liittymissä tapahtuu ohitusonnettomuuksia lähes yhtä paljon kuin suorilla tieosilla. Suorilla tieosilla näiden ohitusonnettomuuksien seuraukset ovat puolestaan hieman keskimääräistä vakavampia, mikä johtunee suuremmista ajonopeuksista suorilla tienkohdilla.

Risteämisonnettomuuksista (yhteenaajo risteyksessä eri teitä ajaen) tapahtuu etuajo-oikeutetuissa liittymissä n. 38 %, yksityisen tien tai alueen liittymissä n. 36 % ja muissa liittymissä n. 25 %. Etuajo-oikeutetuissa liittymissä ovat ko. onnettomuuksien seuraukset keskimääräistä vakavampia.

Peräänajoja liikkeellä olevaan tai liikenne-esteen takia pysähtyneeseen ajoneuvoon tapahtuu eniten suorilla tieosilla (n. 46 %) ja liittymissä (n. 42 %).

Ajoista muuhun esteeseen ajoradalla valtaosa tapahtuu suorilla tieosilla. Nämä onnettomuudet ovat esim. ajoja kuoppaan, tiellä olevaan kiveen tms.

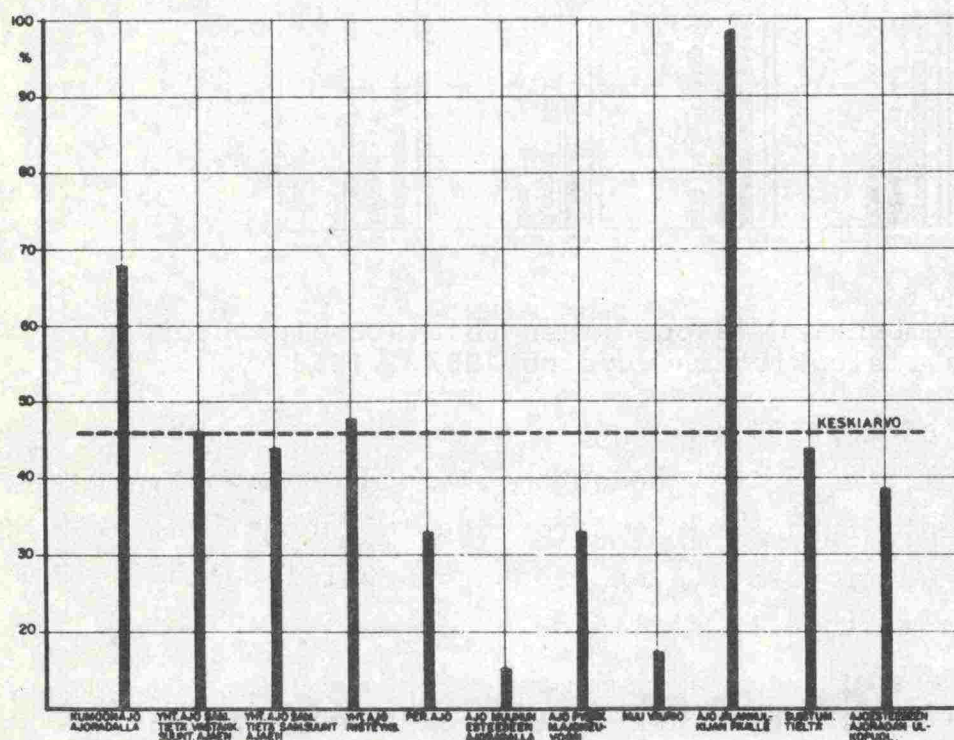
Suorilla tieosilla tapahtuu suurin osa myös ajoista pysähtyneen tai pysäköidyn ajoneuvon perään tai sivuun (n. 68 %) ja jalankulkuonnettomuuksista (n. 63 %). Jalankulkuonnettomuuksista tapahtuu myös suhteellisen suuri osa liittymissä (n. 25 %). Liittymissä tapahtuvat kevyen liikenteen onnettomuudet keskittyvät yksityisen tien tai alueen liittymiin.

Suistumisonnettomuuksia tapahtuu suorien tieosien (n. 45 %) ohella huomattavan paljon kaarteissa tai mutkissa (n. 39 %).



Ajoja esteeseen ajoradan ulkopuolella tapahtuu suorien tieosien ohella (n. 36 %) erityisen paljon silloilla (n. 23 %). Nämä onnettomuudet lienevät pääasiassa ajoja sillan kaiteeseen. Kaikista silloilla sattuneista onnettomuuksista tämä onnettomuusryhmä muodostaa n. 17 %.

Kuvassa 10 on esitetty henkilövahinkoihin johtaneiden onnettomuuksien osuus kaikista onnettomuuksista onnettomuustyypeittäin. Suhteellisesti useimmin on henkilövahinkoihin johtanut jalankulkijan päälleajot, joista lähes kaikki onnettomuudet ovat johtaneet henkilövahinkoihin. Vähiten henkilövahinkoja on seurannut ajoissa muihin esteisiin ajoradalla.



Kuva 10

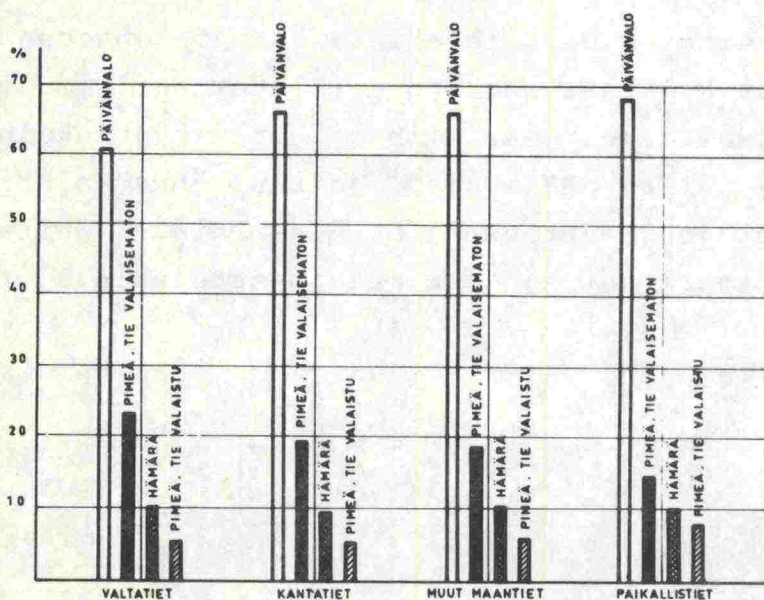
Henkilövahinkoihin johtaneiden onnettomuuksien osuus kaikista onnettomuuksista (%) onnettomuustyypeittäin vuosina 1967...1969

Edellä esitettyjen tilastotietojen perusteella voidaan huomata, että onnettomuusryhmistä esiintyvät selvästi ohitusonnettomuudet yksityisten teiden liittymien kohdalla, suistumisonnettomuudet, ajot jalankulkijan päälle sekä erilaiset liittymäonnettomuudet.



## 2.5 ERILAISISSA VALAISTUS- JA KELIOLosuhteissa SEKÄ ERI VUODENAIKAINA TAPAHTUNEET ONNETTOMUUDET

Liikenneonnettomuuksien jakautuminen valaistusolosuhteiden mukaan on esitetty kuvassa 11.



Kuva 11

Onnettomuuksien jakautuminen valaistusolosuhteiden mukaan tieluokittain vuosina 1967...1969

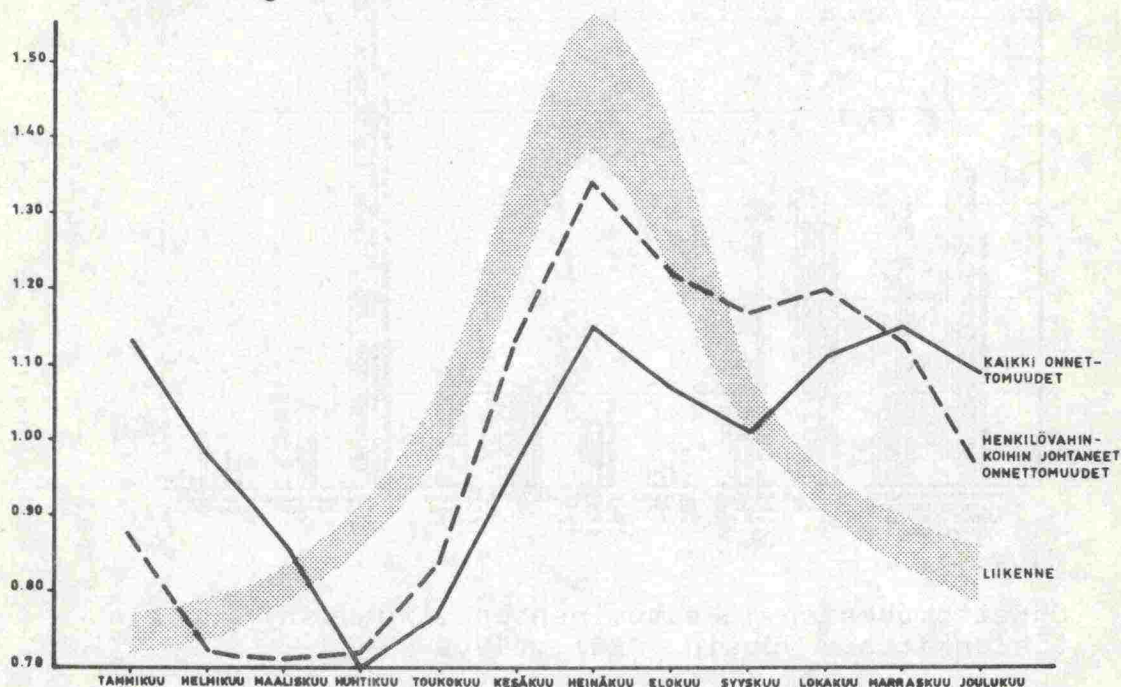
Lähes 65 % kaikista onnettomuuksista on tapahtunut päivänvalossa. Noin 10 % onnettomuuksista on tapahtunut hämärässä ja loput 25 % pimeänä vuorokauden aikana siten, että noin 6 % onnettomuuksista on tapahtunut valaistulla ja 19 % valaisemattomalla tiellä.

Valtateilla tapahtuu keskimääräistä suurempi osa (n. 23 %) onnettomuuksista pimeällä valaisemattomalla tiellä. Paikallisteilla on vastaavien onnettomuuksien osuus pienin (n. 15 %).

Kesällä tapahtuvat lähes kaikki onnettomuudet valoisana aikana. Syksyllä ja talvella päivänvalossa tapahtuneiden onnettomuuksien osuus on sitä vastoin vain 35--40 prosenttia.



Kuvassa 12 on esitetty liikenneonnettomuusmäärien ja liikennemäärien kuukausivaihtelut. Kuvasta voidaan todeta, että syksyllä ja talvella onnettomuuksia tapahtuu huomattavasti enemmän kuin mitä liikenteen vaihtelun perusteella olisi odotettavissa. Kevät- ja kesäaikana onnettomuuksien kausivaihtelu muutossuunnaltaan seuraa varsin hyvin liikenteen kausivaihtelujen muutosta.



Kuva 12

Onnettomuusmäärien kuukausivaihtelut keskimäärin vuosina 1967...1969 verrattuna liikenteen kuukausivaihteluun v. 1968

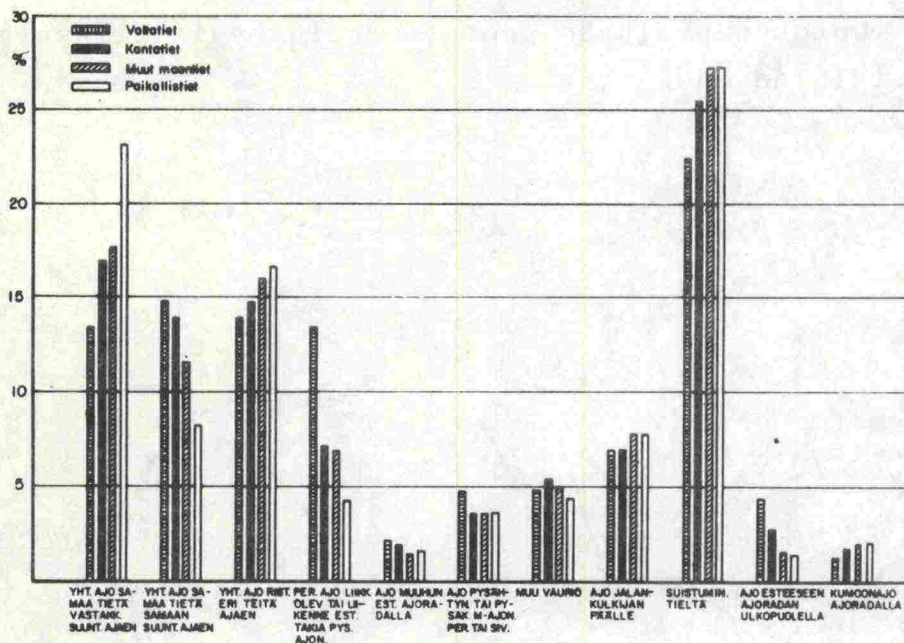
Keliolosuhteet ovat onnettomuuksien tapahtumahetkellä vaihdelleet seuraavasti

Tien pinta	Onnettomuuksien osuus (%) kaikista onnettomuuksista
- kuiva	61
- märkä	19
- luminen	13
- jäinen	27

Henkilövahinkoihin johtaneista onnettomuuksista tapahtuu edellä mainittua suurempi osa kuivalla tiellä,

## 2.6 ONNETTOMUUKSIEN JAKAUTUMINEN ONNETTOMUUSTYYPEIHIN TIELUOKITTAIN

Onnettomuuksien jakautuminen onnettomuustyyppeihin tieluokittain on esitetty kuvassa 13.



Kuva 13

Onnettomuuksien jakautuminen onnettomuustyyppeihin tieluokittain vuosina 1967...1969

Suurimman onnettomuusryhmän muodostavat kaikilla teillä suistumisonnettomuudet, joita on noin neljäsosa kaikista onnettomuuksista. Paikallisteillä ja muilla maanteillä suistumisonnettomuuksien osuus on hieman suurempi kuin kanta-teillä ja valtateillä.

Toiseksi suurimman onnettomuusryhmän muodostavat kohtaamis-onnettomuudet (yhteenajo samaa tietä vastakkaisiin suuntiin ajaen), joita on keskimäärin n. 18 % kaikista onnettomuuksista. Tieluokittain osuudet kuitenkin vaihtelevat ollen esim. valtateillä noin 13 % ja paikallisteillä noin 23 %.

Risteämisonnettomuuksia (yhteenajo risteyksessä eri teitä ajaen) tapahtuu keskimäärin noin 15 % kaikista onnettomuuksista. Ko. onnettomuustyyppin kannalta erot eri tieluokien välillä ovat vähäiset.



Yhteenajo samaa tietä samaan suuntaan ajaen tapahtuu noin 12 % kaikista onnettomuuksista. Näiden onnettomuuksien osuus kaikista onnettomuuksista on valtateilla ja kanta-teilla keskimääräistä suurempi kuin muissa tieluokissa.

Peräänajoja (peräänajo liikkeellä olevaan tai liikenne-esteen takia pysähtyneeseen ajoneuvoon) tapahtuu valta-teilla huomattavasti keskimääräistä (osuus n. 8 %) enemmän ja paikallisteilla keskimääräistä vähemmän.

Jalankulkuonnettomuuksien osuus kaikista onnettomuuksista on kaikissa tieluokissa noin 7 %. Henkilövahinkoihin joh-taneista onnettomuuksista jalankulkuonnettomuudet muodos-tavat kuitenkin noin 16 %, ollen henkilövahinkojen kannalta kolmanneksi suurin onnettomuusryhmä suistumisonnettomuuksien ja kohtaamisonnettomuuksien jälkeen.

Onnettomuustilastojen mukaan tapahtuu yleisten teiden jalankulku- ja polkupyöräonnettomuuksista noin 40 % 850 km:n pituisella tieosalla. Näiden tieosien jk- ja pp-onnettomuustiheys oli  $\geq 0,4$  jk+pp-onn/v.km. Valta- ja kantateilla oli näistä tieosista 570 km ja muilla maanteilla 280 km /39/.

Ajot pysähtyneen tai pysäköidyn moottoriajoneuvon perään tai sivuun, kumoonajot ajoradalla, ajot esteeseen ajoradalla sekä ajot esteeseen ajoradan ulkopuolella muodostavat kukin 2...4 % kaikista onnettomuuksista. Muiden edellä mainitsemattomien onnettomuuksien osuus kaikista onnettomuuksista on kaikissa tieluokissa 4...5 %.



### 3. LIIKENNETURVALLISUUDEN PARANTAMISTOIMENPITEET

#### 3.0 YLEISTÄ

Tieliikenteen turvallisuus riippuu oleellisesti tieolosuhteista. Tästä syystä kaikilla sellaisilla toimenpiteillä, joilla on vaikutusta tieolosuhteisiin, on myös merkitystä liikenneturvallisuuden kannalta. Tässä yhteydessä tarkastellaan tieolosuhteisiin vaikuttavista tekijöistä niitä, jotka tulevat kysymykseen olemassa olevan tiestön liikenneturvallisuuden parantamisessa. Tällaisia toimenpiteitä toteutetaan teiden kunnossapidon ja parantamisen yhteydessä.

Teiden kunnossapito on jatkuvaa turvallisten tieolosuhteiden ylläpitämiseen tähtäävää toimintaa. Tien parantaminen on kunkin tien osalta ajoittain tarpeellinen toimenpide, jolla tieolosuhteet pyritään saattamaan mm. liikenneturvallisuusnäkökohdat huomioon ottaen ajan tasalle.

Tämän työn yhteydessä on pyritty selvittämään kaikki ne kunnossapitoon ja tien parantamiseen liittyvät tie- ja liikenneteknilliset toimenpiteet, joilla liikenneturvallisuutta voidaan parantaa. Toimenpideluettelo on otettu mukaan vain sellaisia toimenpiteitä, joita voidaan suorittaa tienpitäjän toimesta. Näin ollen valtakunnallisten liikennepoliittisten toimenpiteiden, kuten esim. tiekohtainen nopeusrajoituskokeilu, vaikutusta ei tässä yhteydessä käsitellä.

Toimenpideluettelon tarkoituksena on toisaalta olla myöhempien selvitysten laatimisen pohjana ja toisaalta suoraan palvella liikenneturvallisuuden suunnittelijaa. Käytännön suunnittelutyössä toimenpideluettelo voidaan käyttää silloin, kun kartoitetaan kysymykseen tulevia liikenneturvallisuuden parantamistoimenpiteitä.



\*-merkillä on toimenpideluettelossa varustettu sellaiset toimenpiteet, jotka ovat mahdollisia parantamistoimenpiteitä ko. tapauksessa, mutta joita ei ole vielä Suomen olosuhteiden kannalta kehitetty niin pitkälle, että niitä voitaisiin ruveta toteuttamaan. Vaikka tällaisia toimenpiteitä saatetaan käyttää ulkomailla, asettavat Suomen talviolosuhteet, pakkanen, lumi, auraus jne. lisävaatimuksia näiden toimenpiteiden käytölle.

### 3.1 ERILAISTEN TIENKOHTIEN LIIKENNETURVALLISUUDEN PARANTAMISTOIMENPITEET

#### 3.1.1 Suorat tieosat

3.1.11 Etäisyyksien ja nopeuksien arviointia helpottavat toimenpiteet

- istutukset  
Istutettu puu tai pensas tien molemmin puolin  
esim. 50 m:n välein
- reunapaalut
- muut kiinnepohdat

3.1.12 Liittymätiheyden muuttaminen

- liittymien poistaminen
- yksityistiejärjestelyt

3.1.13 Kuljettajan väsymyksen estämiseen tähtäävät toimenpiteet

- tien suuntauksen muuttaminen
- levähdys- ja pysäköimisalueiden rakentaminen
- palvelulaitosten sijoittaminen sopivin välimatkoin

3.1.14 Tien ympäristön pehmentäminen

- luiskien loiventaminen ja pyöristäminen
- kallioleikkausten avartaminen
- puuston raivaus
- muiden sivusteiden poistaminen
- sivuojarummun siirtäminen yksityisen tien liittymissä kauemmaksi päätiestä
- kaiteiden päiden upottaminen



### 3.1.15 Liikenteenohjaustoimenpiteet

- nopeusrajoitus
- ohituskielto
- sulkuviivan merkitseminen

## 3.1.2 Kaarteet

### 3.1.21 Suuntauksen parantaminen

- kaarresäteen loiventaminen
- jyrkkien kaarteiden vähentäminen
- yksittäisen pienisäteen kaarteiden loiventaminen
- näkemien parantaminen
- sisäkaarteiden raivaus
- maa- tai kalliroleikkauksen avartaminen sisäkaarteiden puolelta
- sivukaltevuuden muuttaminen kestopäällystetyllä tiellä
- pituuskaltevuuden loiventaminen
- optisen ohjauksen parantaminen
- ajoratamerkinnot
- reunapaalut
- istutukset
- taustamerkki
- ajosuuntien erottaminen saarekkeella
- ajoradan levenyttäminen kaarteiden kohdalla

### 3.1.22 Liikenteenohjaustoimenpiteet

- nopeusrajoitus
- enimmäisnopeussuositus
- kaarteiden varoitusmerkki
- ajoratamerkinnot parantaminen
- pysähtymis- tai pysäköintikielto

## 3.1.23 Tien ympäristön pehmentäminen

- luiskien loiventaminen ja pyöristäminen
- kalliioleikkausten avartaminen
- puuston raivaus
- muiden sivuesteiden poistaminen
- sivuajarummun siirtäminen yksityisen tien liittymässä kauemmaksi päätiestä
- kaiteiden päiden upottaminen

## 3.1.24 Muita toimenpiteitä

- tievalaistus
- kaiteiden rakentaminen tai parantaminen
- häikäisysuojat vastakkaisen ajosuunnan liikennettä varten
- tiealueen ulkopuolella sijaitsevien häiritsevien valolähteiden poistaminen

3.1.3 Tasausviivan kuperat taitteet

## 3.1.31 Suuntauksen parantaminen

- pyöristyskaaren säteen suurentaminen
- suurten pituuskaltevuuksien poistaminen
- tielinjan pienisäteisen kaarteeseen loiventaminen

## 3.1.32 Liikenteenohjaustoimenpiteet

- nopeusrajoitus
- enimmäisnopeussuositus
- sulkuviivan merkitseminen
- ohituskielto



3.1.33 Tien poikkileikkauksen leventäminen

- ajoradan paikallinen leventäminen
- pientareiden paikallinen leventäminen
- ajosuuntien erottaminen saarekkeella

3.1.4 Jyrkästi pituuskaltevat tienkohdat

3.1.41 Suuntauksen parantaminen

- pituuskaltevuuden loiventaminen

3.1.42 Liikenteenohjaustoimenpiteet

- varoitusmerkin asettaminen
- ohituskielto
- sulkuviivan merkitseminen

3.1.43 Tien poikkileikkauksen leventäminen

- nousukaistan rakentaminen
- ajosuuntien erottaminen saarekkeella

3.1.43 Tien poikkileikkauksen leventäminen

- nousukaistan rakentaminen
- ajosuuntien erottaminen saarekkeella

3.1.5 Kapeat tienkohdat

3.1.51 Tien poikkileikkauksen leventäminen

- ajoradan paikallinen leventäminen
- pientareiden paikallinen leventäminen

## 3.1.52 Liikenteenohjaustoimenpiteet

- nopeusrajoitus
- enimmäisnopeussuositus
- varoitusmerkki (kapeneva tie)
- ohituskielto
- pysähtymis- tai pysäköintikielto
- liikennemerkkit väistämisvelvollisuus kohdattaessa ja etuajo-oikeus kohdattaessa
- sulkuviiva
- liikennevalot

3.1.6 Liittymät

## 3.1.61 Liittymien lukumäärän vähentäminen

- yksityistiejärjestelyt
- liittymien poistaminen pääsuunnalta
- liittymän muuttaminen eritasoliittymäksi
  - pääsuunnan risteävät liikennevirrat eritasossa (yksi kahteen suuntaan liikennöity ramppi)
  - täydellinen eritasoliittymä (neljä ramppia)
- maatalousliittymien korvaaminen alikulkukäytävillä

## 3.1.62 Liittymän siirtäminen edullisempaan paikkaan

- liittymän siirtäminen jyrkästä kaarteesta
- liittymän siirtäminen lyhyen näkemän kohdalta
- liittymän siirtäminen jyrkästi pituuskaltevalta tieosalta
- liittymän siirtäminen toisen liittymän läheisyydestä
- liittymän siirtäminen kuperasta taitteesta



### 3.1.63 Suuntauksen parantaminen

- liittymäkulman muuttaminen
- pituuskaltevuuden muuttaminen
- sivukaltevuuden muuttaminen
- näkemäesteiden raivaaminen näkemäalueelta
- näkemäleikkaus
- etuajo-oikeussuhteen osoittaminen teiden suuntauksella

### 3.1.64 Liikenteenohjaustoimenpiteet

#### Liikennemerkit

- nopeusrajoitus
- enimmäisnopeussuositus
- etuajo-oikeussuhteen osoittaminen liittymän muodolla
- etuajo-oikeussuhteen osoittaminen liikennemerkeillä
  - pakollinen pysähtyminen (STOP-merkki)
  - etuajo-oikeutettu risteys (kärkikolmio)
- etuajo-oikeuden päättymismerkki
- ryhmittymismerkit
- ajokaistaopaste
- tienristeys-merkki
- vaarallinen risteys-merkki
- kääntymiskieltoa tai ajokieltoa osoittavat merkit
- liikennevalojen ennakkovaroitusmerkki
- ohituskielto
- viitoituksen parantaminen
- liikennemerkkien sijoituksen muuttaminen
  - merkkien näkyvyyden parantaminen
  - näkemäsuhteiden parantaminen (siirretään näkemää rajoittava merkki parempaan paikkaan)
  - liittyvän suunnan tien jatkumattomuuden osoittaminen
- ajoradan yläpuoliset opasteet

Ajoratamerkinnät

- sulkuviiva
- pysäytysviiva
- ajokaistanuolet
- kaistaviiva
- kääntymismerkinnät
- etuajo-oikeutettua liittymää ~~tai~~ pysähtymispakkoa osoittavan merkin maalaaminen ajorataan \*

Liikennevalot

- liikennevalojen asentaminen
- liikennevalojen toiminnan muuttaminen
- liikennevalojen rakenteellinen parantaminen
  - opastimien suurentaminen
  - taustalevyjen asentaminen

## 3.1.65 Liittymän muodon parantaminen

- liittymähaarojen vähentäminen
- liittymän suunnan kanavointi
- pääsuunnan kanavointi
- ryhmittymiskaistojen rakentaminen
  - vasemmalle kääntyville
  - oikealle kääntyville
- pientareiden leventäminen
- jyrkkien liittymäkaarteiden loiventaminen

## 3.1.66 Valaistusolosuhteiden parantaminen

- tievalaistuksen asentaminen
- liittymän valaiseminen muusta tievalaistuksesta poikkeavasti
- liikennemerkkien valaiseminen



### 3.1.67 Muita toimenpiteitä

- istutusten sijoittaminen siten, että ne osoittavat liittyvän tien päättymistä (kolmihaaraliittymä)
- tärinävaikutuksen aikaansaaminen päällysteen karkeuttamisella \*

## 3.1.7 Rautateiden tasoristeykset

### 3.1.71 Tasoristeysten lukumäärän vähentäminen

- tasoristeyksen poistaminen tiejärjestelyillä
- eritasoristeyksen rakentaminen

### 3.1.72 Turvalaitteiden asentaminen tai parantaminen

- olemassa olevan valo- ja äänivaroituslaitoksen täydentäminen puolipuomilla
- valo- ja äänivaroituslaitoksen rakentaminen
- puolipuomilaitoksen (myös valo- ja äänivaroituslaitteet) rakentaminen
- puolipuomilaitoksen rakentaminen (valo- ja äänivaroituslaittein) ja kaistanjakojärjestelyt (estetään puolipuomin kiertäminen)

### 3.1.73 Suuntauksen parantaminen

- tien pituuskaltevuuden loiventaminen
- näkemän parantaminen
- jyrkän kaarteiden poistaminen

### 3.1.74 Muita toimenpiteitä

- tasoristeyksen valaiseminen
- varoitusmerkkien näkyvyyden parantaminen
- paikallinen nopeusrajoitus
- pakollista pysähtymistä osoittava liikennemerkki

3.1.8 Sillat

## 3.1.81 Suuntauksen parantaminen

- näkemäolosuhteiden parantaminen
  - sillan kaiteen rakenteen muuttaminen näkemäolosuhteiden kannalta edullisemmaksi
- pituuskaltevuuden muuttaminen siltaan liittyvällä tieosalla
- sivukaltevuuden muuttaminen
- sillan ja ajoradan leveyden yhdenmukaistaminen (uuden sillan rakentaminen tai olemassa olevien jalkakäytävien)

## 3.1.82 Liikenteenohjaustoimenpiteet

- nopeusrajoitus
- enimmäisnopeussuositus
- varoitusmerkki
- etuajo-oikeus kohdattaessa/väistämisvelvollisuus kohdattaessa

## 3.1.83 Valaistusolosuhteiden parantaminen

- tievalaistus
- sillan osoittaminen muusta tievalaistuksesta poikkeavalla valaistuksella (valon väri)

## 3.1.84 Kunnossapitotoimenpiteet

- päällysteen karkeuttaminen
- avaruuden, sulatuksen ja hiekoituksen tehostaminen

## 3.1.85 Muita toimenpiteitä

- kaiteiden rakenteen parantaminen olemassa olevan kaiteen poistaminen ja uuden rakentaminen



### 3.2 ERÄIDEN TIENKÄYTTÄJÄRYHMIEN LIIKENNETURVALLISUUDEN PARANTAMINEN

#### 3.2.1 Kevyt liikenne

##### 3.2.11 Kevyen liikenteen kaistajärjestelyjen parantaminen

- erillisten kevyen liikenteen väylien rakentaminen
- jalkakäytävien rakentaminen
- pientareiden leventäminen
- ajoradan reunaviivan merkitseminen

##### 3.1.12 Moottoriajoneuvoliikenteen ja kevyen liikenteen risteämiskohtien parantaminen

- alikulkukäytävien ja ylikulkusiltojen rakentaminen
- suojateiden merkitseminen
  - liikennemerkkit
  - ajoratamerkinnot
- suojateiden siirtäminen näkemien, nopeuksien ym. kannalta edullisempaan paikkaan
- suojaavien saarekkeiden rakentaminen
- näkemäolosuhteiden parantaminen
  - moottoriajoneuvojen näkemien parantaminen
  - kevyen liikenteen näkemien parantaminen
- paikallinen nopeakäyttö
- liikennevalojen asentaminen
- suojatien ennakkovaroitusmerkki
- ajoradan yläpuolisten valaistujen suojatiemerkkien asentaminen
- kevyen liikenteen suojaaminen kaiteella
- kevyttä liikennettä ohjaavan kaiteen rakentaminen

## 3.2.13 Muita toimenpiteitä

- tievalaistus
- liikennemerkkien valaiseminen
- tärinävaikutuksen aikaansaaminen päällysteen karkeuttamisella \*

3.2.2 Moottoriajoneuvoliikenteen turvallisuuden parantamis-  
toimenpiteet sisältyvät muiden kohtien yhteydessä  
esitettyihin toimenpiteisiin



### 3.3 ERI TYYPPISTEN ONNETTOMUUKSIEN ESTÄMISTOIMENPITEET

#### 3.3.1 Suistumisonnettomuudet

##### 3.3.11 Suuntauksen parantaminen

- kaarresäteen loiventaminen
- yksittäisen pienisäteisen kaarteeseen poistaminen
- sivukaltevuuden muuttaminen (esim. kaarteessa)
- optisen ohjauksen parantaminen
- ajoradan leventäminen kaarteeseen kohdalla

##### 3.3.12 Liikenteenohjaustoimenpiteet

- nopeusrajoitus
- enimmäisnopeussuositus
- kaarteeseen varoitusmerkki
- ajoratamerkintöjen parantaminen

##### 3.3.13 Tien ympäristön pehmentäminen

- tien varsien raivaaminen
- sivuesteiden poistaminen
- luiskien loiventaminen ja pyöristäminen
- kallioleikkausten avartaminen
- sivuojarummun siirtäminen yksityisen tien liittymässä kauemmaksi päätiestä

##### 3.3.14 Kuljettajan väsymyksen estämiseen tähtäävät toimenpiteet

- pitkän suoran lyhentäminen
- levähdys- ja pysähtymisalueiden rakentaminen

##### 3.3.15 Päällysteen parantaminen

- epätasaisen päällysteen tasoittaminen ajoradalla
- epätasaisen päällysteen reunan tasoittaminen
- päällysteen karkeuttaminen

### 3.3.2 Kohtaamisonnettomuudet

#### 3.3.21 Tien poikkileikkauksen leventäminen

- ajoradan leventäminen
- pientareiden leventäminen
- ajosuuntien erottaminen saarekkeella
- tien muuttaminen 4-ajokaistaiseksi tai 2-ajorataiseksi

#### 3.3.22 Suuntauksen parantaminen

- näkemäolosuhteiden parantaminen

#### 3.3.23 Liikenteenohjaustoimenpiteet

- paikallinen nopeusrajoitus
- sulkuviivan merkitseminen
- etuajo-oikeus kohdattaessa/väistämisvelvollisuus kohdattaessa.

### 3.3.3 Peräajajo-onnettomuudet

#### 3.3.31 Liikenteenohjaustoimenpiteet

- nopeusrajoitus
- ennakkovaroitusmerkit (risteys, liikennevalo, kuoppa tms.)
- pysähtymis- tai pysäköimiskielto
- kääntymiskielto

#### 3.3.32 Liittymätiheyden pienentäminen

- liittymien poistaminen
- yksityistiejärjestelyt



### 3.3.33 Päällysteen parantaminen

- päällysteen karkeuttaminen
- päällysteaurioiden korjaaminen

### 3.3.34 Muita toimenpiteitä

- pääsuunnan tien kanavoiminen
- pysäköimis- ja levähdysalueiden rakentaminen
- linja-autopysäkkien rakentaminen
- tievalaistus
- näkemäolosuhteiden parantaminen

## 3.3.4 Ohitusonnettomuudet

### 3.3.41 Suuntauksen parantaminen

- näkemien parantaminen
- ohituskelpoisten osuuksien lisääminen
- optisesti virheellisten tienkohtien parantaminen

### 3.3.42 Liikenteenohjaustoimenpiteet

- nopeusrajoitus
- ohituskielto
- varoitusmerkit (risteys, kaarre jne.)
- kääntymiskielto
- sulkuviivan merkitseminen

### 3.3.43 Tien poikkileikkauksen leventäminen

- ajoradan leventäminen
- pientareiden leventäminen
- tien muuttaminen kaksiajorataiseksi

## 3.3.5 Risteämisonnettomuudet

Risteämisonnettomuuksien estämistoimenpiteet sisältyvät liittymien turvallisuuden parantamistoimenpiteisiin (kohta 3.1.6).

### 3.3.6 Esteeseenajo-onnettomuudet

#### 3.3.61 Näkemien parantaminen

- tien varsien raivaus
- näkemäleikkaukset

#### 3.3.62 Kunnossapidon tehostaminen

- päällystevaurioiden korjaaminen
- liukkauden torjunta

#### 3.3.63 Muita toimenpiteitä

- tievalaistus
- varoitusmerkit

### 3.3.7 Eläinten päälleajo-onnettomuudet

#### 3.3.71 Estetään eläimiltä pääsy tielle

- riista-aitojen rakentaminen
- karjatunnelit

#### 3.3.72 Varoitusmerkit

- "Hirvi", "Poro"

#### 3.3.73 Muita toimenpiteitä

- nopeusrajoitus
- hirvipeilit
- pelotuslaitteet \*



### 3.4 EPÄEDULLISISSA OLOSUHTEISSA TAPAHTUVIEN ONNETTOMUUKSIEN ESTÄMISTOIMENPITEET

#### 3.4.1 Pimeässä tapahtuvat onnettomuudet

##### 3.4.11 Valaistusolosuhteiden parantaminen

- tievalaistus
- liittymien, siltojen yms. tienkohtien valaiseminen muusta tievalaistuksesta poikkeavalla tavalla (esim. muuta valaistusta tehokkaammalla tai eri värisellä valolla)
- liikennemerkkien valaiseminen

##### 3.4.12 Liikenteenohjaustoimenpiteet

- ajoratamerkinnot
- heijastusominaisuuksiltaan entistä parempien liikennemerkkien ja ajoratamerkintöjen tekeminen

##### 3.4.13 Muita toimenpiteitä

- tien päällysteen heijastusominaisuuksien parantaminen

#### 3.4.2 Sumussa tapahtuvat onnettomuudet

##### 3.4.21 Liikenteenohjaustoimenpiteet

- sumuisten tien kohtien osoittaminen liikennemerkeillä
- nopeusrajoitus
- reunapaalut
- sähköiset ilmaisimet \*

##### 3.4.22 Kunnossapitotoimenpiteet

- päällysteen karkeuttaminen sumuisilla tieosilla
- liukkauden torjunnan tehostaminen talvella sumuisilla tieosilla

### 3.4.3 Märällä tiellä tapahtuvat onnettomuudet

#### 3.4.31 Kunnossapitotoimenpiteet

- päällysteen karkeuttaminen
- vesiliirtoa aiheuttavien päällysteen painumien korjaaminen

#### 3.4.32 Liikenteenohjaustoimenpiteet

- sateella liukkaiden tien kohtien osoittaminen varoitusmerkeillä
- enimmäisnopeussuositus sateella

#### 3.4.33 Muita toimenpiteitä

- sivukaltevuuksien muuttaminen veden poisjohtamiseksi tieltä

### 3.4.4 Lumisella tai jäisellä tiellä tapahtuvat onnettomuudet

#### 3.4.41 Kunnossapidon tehostaminen

- suolaus
- auraus
- hiekoitus

#### 3.4.42 Liikenteenohjaustoimenpiteet

- varoitusmerkit (esim. silta)
- nopeusrajoitus



### 3.5 ERAIDEN AJOTAVASTA JOHTUVIEN ONNETTOMUUKSIEN ESTÄMIS- TOIMENPITEET

#### 3.5.1 Suurilla nopeuksilla tapahtuvat onnettomuudet

##### 3.5.11 Liikenteenohjaustoimenpiteet

- nopeusrajoitus
- enimmäisnopeussuositus
- varoitusmerkit

##### 3.5.12 Tien ympäristön pehmentäminen

- luiskien loiventaminen ja pyöristäminen
- kallioleikkausten avartaminen
- puuston raivaus
- muiden sivusteiden poistaminen
- sivuajarummun siirtäminen yksityisen tien liittymässä kauemmaksi päätiestä
- kaiteiden päiden upottaminen

##### 3.5.13 Suuntauksen parantaminen

- näkemäolosuhteiden parantaminen
- optisen ohjauksen parantaminen
- tien muuttaminen kaksiajorataiseksi

#### 3.5.2 Pienistä nopeuksista johtuvien onnettomuuksien torjuminen

##### 3.5.21 Tien poikkileikkauksen leventäminen

- nousukaistojen rakentaminen

##### 3.5.22 Liikenteenohjaustoimenpiteet

- varoitusmerkit, esim. varoitus raskaasta liikenteestä, työkoneista yms.

### 3.6 ERÄIDEN INHIMILLISISTÄ TEKIJÖISTÄ AIHEUTUVIEN ONNETTOMUUKSIEN ESTÄMISTOIMENPITEET

#### 3.6.1 Väsymystilasta aiheutuvat onnettomuudet

3.6.11 Kuljettajan väsymyksen estämiseen tähtäävät toimenpiteet

- tien suuntauksen muuttaminen
- levähdys- ja pysäköimisalueiden rakentaminen
- palvelulaitosten sijoittaminen sopivin välimatkoin

#### 3.6.2 Häikäisystä aiheutuvat onnettomuudet

3.6.21 Suuntauksen parantaminen

- optisen ohjauksen parantaminen
- näkemäolosuhteiden parantaminen

3.6.22 Häikäisysuojien rakentaminen

- häikäisysuojat vastakkaisen ajosuunnan liikennettä varten
- häikäisysuojat tiealueen ulkopuolelta tulevaa valoa varten tai tiealueen ulkopuolella sijaitsevien häiritsevien valolähteiden poistaminen

3.6.23 Muut toimenpiteet

- tievalaistus

#### 3.6.3 Havaitsemisvaikeuksista ja virhearvioinneista aiheutuvat onnettomuudet

3.6.31 Suuntauksen parantaminen

- optisen ohjauksen parantaminen
- näkemäolosuhteiden parantaminen
- ajosuuntien erottaminen saarekkeilla epäselvissä tienkohdissa kuten esim. liittymissä



### 3.6.32 Liikenteenohjaustoimenpiteet

- nopeusrajoitus
- enimmäisnopeussuositus
- varoitusmerkit
- ajoratamerkintöjen parantaminen
- viitoituksen tehostaminen
- etuajo-oikeussuhteen osoittaminen liikennemerkkeillä, kanavoinnilla jne.

### 3.6.33 Etäisyyksien ja nopeuksien arviointia helpottavat toimenpiteet

- istutukset
- reunapaalut

### 3.6.34 Muita toimenpiteitä

- tievalaistus
- mainostaulujen yms. keskittymistä häiritsevien laitteiden poistaminen teiden varsilta
- tärinävaikutuksen aikaansaaminen päällysteen karkeuttamisella \*

### 3.7 MUITA LIIKENNETURVALLISUUDEN PARANTAMISTOIMENPITEITÄ

#### 3.7.1 Eri tyyppisen moottoriajoneuvoliikenteen erottelu

- tien muuttaminen moottori- tai moottoriliikennetieksi
- paikallisliikenteen järjestelyt

#### 3.7.2 Linja-autoliikenteen pysäkkijärjestelyt

- pysäkkilevennykset
- pysäkkien erottaminen ajoradasta saarekkeilla

#### 3.7.3 Hätäpuhelinverkoston rakentaminen

#### 3.7.4 Muita toimenpiteitä

- ohikulkutien rakentaminen
- valaisinpylväiden, liikennemerkkien, kaiteiden yms. laitteiden kehittäminen



## 4        LIIKENNETURVALLISUUDEN PARANTAMISTOIMENPITEIDEN           VAIKUTUKSET

### 4.0       YLEISTÄ

Liikenneturvallisuuden parantamiseen lähtävistä toimenpiteistä päätettäessä on tärkeätä pystyä vertaamaan eri parantamistoimenpiteitä keskenään siten, että kunkin toimenpiteen liikenneturvallisuutta parantava vaikutus ja toimenpiteen muut vaikutukset tulevat otetuiksi huomioon. Tällaisen vertailun suorittamisessa on vaikein tehtävä onnettomuuksien vähenemisen arvioiminen. Vaikka monien yksittäisten toimenpiteiden liikenneturvallisuutta parantavasta vaikutuksesta voidaankin olla kutakuinkin varmoja, on jäljempänä mainittuja prosenttilukuja pidettävä vain suuntaa antavina. Käytännössä saadun kokemuksen perusteella tiedetään, että eräissä tapauksissa parantamistoimenpiteellä saavutetaan keskimääräistä parempia tuloksia, mutta on myös sellaisia tapauksia, joissa liikenneturvallisuutta parantava vaikutus jää hyvin pieneksi. Myös kahden tai useamman samanaikaisesti toteutettavan toimenpiteen yhteisvaikutuksen arvioiminen on hankalaa, mikäli ko. toimenpiteillä on samantyyppisiä onnettomuuksia torjuva vaikutus.

Jäljempänä esitetään tämän työn yhteydessä kirjallisuudesta saadut tiedot eri toimenpiteiden vaikutuksista onnettomuuksien määriin sekä käytettävissä olevan aineiston perusteella tehty työryhmän arvio kunkin toimenpiteen keskimääräisestä vaikutuksesta. Joistakin parantamistoimenpiteistä on lisäksi voitu tehdä arvio siitä, millä väleillä toimenpiteen vaikutus yleensä vaihtelee. Kun parantamistoimenpiteiden vaikutuksista esitettyjä tietoja sovelletaan käytännössä, on otettava huomioon toimenpiteiden vaikutuksen huomattava riippuvuus paikallisista olosuhteista. Yksittäisissä tapauksissa saattavat poikkeamat keskimääräisistä arvoista olla varsin huomattavat. Tämän työn tarkoituksena on ollut nimenomaan keskimääräisten vaikutusten selvittäminen.



#### 4.1 SUUNTAUKSEN PARANTAMINEN

##### 4.1.1 Pituuskaltevuuden loiventaminen

Raff (1953) /7/ ei ole havainnut maanteillä USA:ssa selvää riippuvuussuhdetta pituuskaltevuuden ja onnettomuusasteen välillä:

Pituus- kalt. %	Onn./milj. ajon.km				
	2-ajo- kaist. tie	3-ajo- kaist. tie	4-ajokaistainen tie		
			ei väli- kaistaa	väli- kaista	moottori- tie
< 3 %	1,4	1,6	1,7	1,8	1,0
> 3 %	1,6	1,4	1,5	1,6	1,0

Bitzl (1956) /7/ on sensijaan todennut onnettomuusasteen ja pituuskaltevuuden välillä olevan selvän yhteyden Saksan moottoriteillä. Pituuskaltevuuden ollessa 6...8 % tapahtui 4...5 kertaa enemmän onnettomuuksia kuin pituuskaltevuuden ollessa 2 %:

$$X = 0.05 + 0.307 B \text{ (korr.kerr. } r = 0.95)$$

X = onnettomuusaste

B = pituuskaltevuus %

pit.kalt. %	onn./milj. ajon. km
0-1.9	0,46
2-3.9	0.67
4-5.9	1.90
6-8.0	2.11

Erityisesti kaarteissa on pituuskaltevuuden vaikutus suuri. (ks. kaarresäteen loiventaminen).

Bowman (1958) /7/ on tutkinut eräällä tullitiellä tapahtuneita onnettomuuksia Ohiossa USA:ssa. Onnettomuusaste oli korkeampi sellaisilla teillä, joilla oli pituuskaltevuutta kuin tasaisessa maastossa olevilla teillä. Eroa oli havaittavissa jo vähintään 2 %:n nousun tai vähintään 3 %:n laskun



ja tasaisen tien välillä. Laskuissa oli pituuskaltevuuden merkitys vähäinen verrattuna tielinjan kaarteen vaikutukseen. Jyrkissä laskuissa ( $\geq 5\%$ ) lisääntyi onnettomuusaste voimakkaasti ja laskun pituudella oli huomattava merkitys. Esim. eräällä 8 km pitkällä alamäellä, jonka pituuskaltevuus oli keskim. 5,6 % havaittiin erittäin korkea onnettomuusaste (Kalifornia U.S. 91).

Bitzl (1964) /5/ on tutkinut pituuskaltevuuden vaikutusta kaksiajokaistaisilla maanteilla Saksassa. Myös näissä tutkimuksissa voitiin todeta onnettomuusasteen lisääntyvän pituuskaltevuuden kasvaessa. Syynä tähän ovat mm. henkilö- ja kuorma-autojen nopeuserot, jotka ilmenevät erityisen selvästi nousuosuuksilla.

Pituuskalt. %	Onnett. lukum.	Onnett.aste onn./milj.ajon.km
$\leq 2.0$	1 815	1.76
2.1-4.0	283	1.74
4.1-6.0	273	2.56
6.1-8.0	30	2.13
$> 8.0$	8	2.49

Billion ja Stohner (1957) /5, 12/ totesivat tutkiessaan pientareiden vaikutusta onnettomuuksiin vaikutuksen olevan erilainen eri suunnitteluelementein varustetuilla tienosilla. Yleisesti ottaen "onnettomuusindeksi" oli suuri tieosilla, joilla pituuskaltevuus oli  $> 5\%$ . Erityisen suuri "indeksi" oli maanteilla, joilla kaarresäde oli lisäksi  $< 350$  m. 6,1 m:n ajoradalla ja eri levyisillä pientareilla varustetuilla teillä kaarresäteen ollessa  $< 350$  m onnettomuuksien määrä oli 4,4 kertaa suurempi kuin onnettomuuksien keskimääräinen lukumäärä kaikilla tutkituilla teillä.

Kun em. kaarre ja yli 5 % pituuskaltevuus esiintyivät samanaikaisesti, oli vastaava suhdeluku 6,6. Kun pientareen leveys oli  $< 1,5$  m, tapahtui onnettomuuksia n. 20 kertaa niin paljon kuin keskimäärin kaikilla teillä.







Kaarresäde m	Onn.aste (onn./milj.ajon.km)	
	KVL (ajon./vrk)	
	5000	5000-10000
>900	1.5	1.2
900-600	2.1	1.6
600-450	2.2	2.2
450-350	2.3	2.3
350-300	2.7	2.1
300-250	2.4	1.7
250-175	1.9	1.6
175-125	2.3	1.6
125- 85	3.9	- x)
< 85	4.7	- x)

x) liian vähän tuloksia vertailua varten.

Kaarteet ovat yleensä vaarallisempia liikennemäärän ollessa pieni kuin suurilla liikennemäärillä. Tämä johtuu keskimääräisten ajonopeuksien pienenemisestä liikennemäärän kasvaessa.

Kipp (1951) /7/ on saanut 2-ajokaistaisilla maanteilla Minnesotassa USA:ssa seuraavia tuloksia:

Kaarresäde (m)	Onn./milj.ajon.km
< 350	2.40
350-590	1.55
≥ 600	0.85

Raff (1953) /7/ on tutkinut kaarresäteen vaikutusta liikenneturvallisuuteen erityyppisillä teillä. Tuloksia:

Kaarresäde (m)	Onnettomuusaste onn./milj. ajon. km				
	2-ajokaist. tie	3-ajokaist. tie	4-ajokaistainen tie		
			ei välikaistaa	välikaista	moottoritie
<175	2,2	4,6	0,8	4,2	-
175-300	1,7	2,2	2,1	1,9	2,8
300-600	1,6	1,7	1,6	1,5	1,4
> 600	1,0	1,1	1,2	1,1	1,0

Bitzl (1956) /7/ on tutkinut moottoriteitä Etelä-Saksassa ja havainnut, että niiden onnettomuuksien määrä, joissa kuorma-autonkuljettaja on nukahtanut ajaessaan, riippuu tien kaarteisuudesta (tien pituus/linnuntiepituus).

Samassa tutkimuksessa on havaittu, että suuri pituuskaltevuus pienisäteisissä kaarteissa aiheuttaa korkean onnettomuusasteen (moottoritiet):

Kaarresäde (m)	Onn./100 milj.ajon.km			
	0-1.99 %	2-3.99 %	4-5.99 %	6-8.99 %
400-1000	73	106	192	233
1001-200	50	70	185	200
2001-3000	40	20	150	170
3001-4000	42	25	130	155
> 4000	28	20	105	132

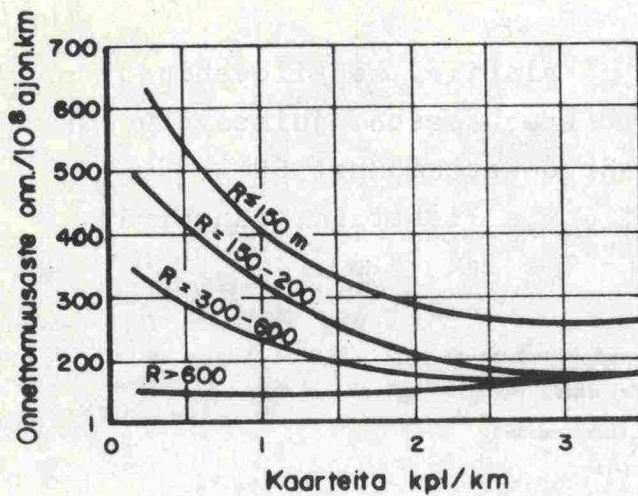
Charlesworth ja Coburn (1957) /7/ ovat saaneet seuraavia tuloksia 2- ja 3-ajokaistaisilla maanteillä Buckinghamshiresä Englannissa:

Kaarresäde (m)	Onn./milj.ajon.km
<170	8.9
170-290	2.4
290-440	2.2
440-880	1.9
>880	1.6

Tutkimuksessa havaittiin myös, että kaarretiheyden ollessa harva ovat kaarteet vaarallisempia kuin kaarretiheyden ollessa tiheä.

Raff (1957) /7/ on tutkinut 2-ajokaistaisia maanteitä USA:ssa ja havainnut, että onnettomuusaste on riippumaton kaarresäteestä sen ollessa >600 m. Harvoin esiintyvillä kaarteilla, joiden säde <150 m, on noin 5 kertaa niin suuri onnettomuusaste kuin kaarteilla, joiden säde > 600 m. Jos kaarretiheys on  $\geq 3$  kpl/km ja säde >150, ei kaarresäde juuri vaikuta onnettomuusasteeseen.





Kuva 15

Onnettomuusasteen riippuvuus kaarresäteestä ja tien kaarrettiheydestä 2-ajokaistaisilla teillä USA:ssa (Raff 1957)

Bitzl (1964) /5/ on tutkinut kaarresäteen suuruuden vaikutusta onnettomuusasteeseen 2- ja 4-ajokaistaisilla teillä. 2-ajokaistaisilla teillä hän päätyi samansuuntaisiin tuloksiin kuin Raff. 4-ajokaistaisilla teillä ei ilmene selvää riippuvuutta, koska tutkituilla tieosilla ei ollut 500 m pienempiä säteitä.

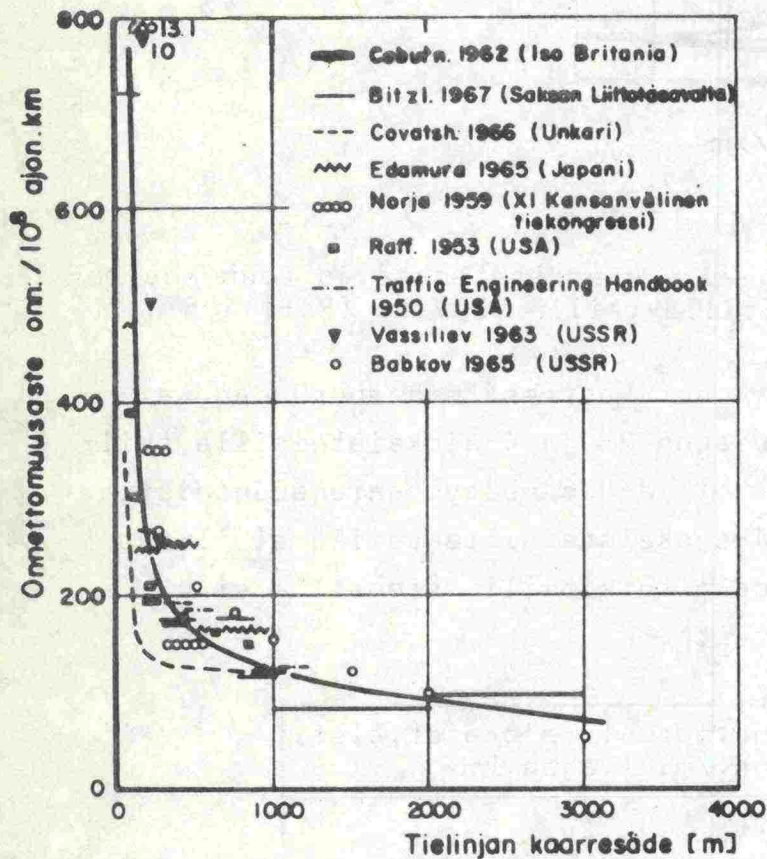
Kaarresäde m	Onn. lukum.	Onn.aste (2-ajokaist.tiet) onn./milj.ajon.km
≤125	64	12.12
126-250	190	4.44
251-500	459	2.82
501-750	205	1.86
751-1000	164	1.96
1001-2000	151	1.52
≥2000	1420	1.65

Kaarresäteen ollessa < 250 m onnettomuusaste nousee voimakkaasti.

Eräät ennen-jälkeen tutkimukset osoittavat, että kaarresäteen ja -tiheyden ohella onnettomuusasteeseen kaarteissa vaikuttaa näkemän pituus ja sivukaltevuus. Esim.

Tanner on suorittanut tutkimuksen, jossa todettiin seuraavaa:

11 tapauksessa, joissa kaarre oikaistiin, henkilövahinko-onnettomuudet vähenivät 80 %; 6 tapauksessa, joissa sivukaltevuutta lisättiin, vähenivät onnettomuudet 60 %; 5 tapauksessa, joissa näkemän pituutta lisättiin, vähenivät henkilövahinko-onnettomuudet 65 % /12/.



Kuva 16

Onnettomuusasteen riippuvuus tielinjan kaarresäteestä eri tutkimusten mukaan /4/

Arvio kaarresäteen loiventamisen keskimääräisestä vaikutuksesta onnettomuuksien määrään:

Kaarresäteen muutos	Onnettomuuksien kokonaismäärän vähentyminen
$\leq 150$ m $\rightarrow$ suora	90 %
150 m $\rightarrow$ 600 m	60 %
250 m $\rightarrow$ 600 m	40 %
350 m $\rightarrow$ 600 m	30 %
450 m $\rightarrow$ 600 m	20 %

Harvoin esiintyvissä kaarteissa ja pituuskaltevuuden ollessa suuri on kaarresäteen suurentamisen vaikutus em. suurempi.



#### 4.1.4 Näkemien parantaminen

Young (1950) /12/ on tutkinut onnettomuusasteen riippuvuutta tien näkemäolosuhteista kaksiajokaistaisilla maanteillä Kaliforniassa (teiden pituus yhteensä 800 km) ja saanut seuraavia tuloksia.

Näkemän pituus (m)	Tutkittujen tieosien pituus (km)	Onn./ milj. ajon. km
<240	70	1.49
240-450	145	1.18
450-750	140	0.93
>750	450	0.68

Raff (1953) /5/ on tutkinut näkemäesteiden vaikutusta onnettomuuksiin 2-ajokaistaisilla maanteillä USA:ssa. Tulokset oheisessa taulukossa:

Rajoitettujen näkemäosuuksien lukum./km	Onn.aste onn./milj. ajon. km
<0.60	1.12
0.60-1.25	1.49
1.25-1.85	1.55
>1.85	1.80

Rajoitetulla näkemävälillä tarkoitetaan tässä tutkimuksessa:  
 tasaisessa maastossa 180 m  
 kumpuilevassa " 120 m

Schoppert (1957) /5/ on tutkinut onnettomuusmäärien riippuvuutta liikennemäärästä näkemävälien ollessa <450 m. Tutkimus käsitti n. 2 200 km kaksiajokaistaisia maanteitä Oregonissa USA:ssa. Tutkitut tieosat jaettiin 1.6 km osaväleihin, joista selvitettiin <450 m näkemävälien lukumäärä. Riippuvuudet liikennemäärien ja onnettomuuslukujen välillä esitettiin korrelaatiokertoimien avulla:

Liikennemäärä ajon./vrk	Korrelaatiokerroin
----------------------------	--------------------

2000-2999	0.130
3000-3999	0.484
4000-4999	0.430
5000-5999	0.025
6000-7999	0.107

#### Schoppertin johtopäätökset

- onnettomuudet lisääntyvät rajoitettujen ( < 450 m) näkemäväliden osuuden kasvaessa
- lisäys on yksityisille liikennekuormitustasoille erilainen ja on korkeimmillaan keskimääräisillä kuormituksilla
- vähentyminen suuremmilla liikennemäärillä johtuu ohitusmahdollisuuksien vähenemisestä, jolloin parhin vaaranlähde supistuu.

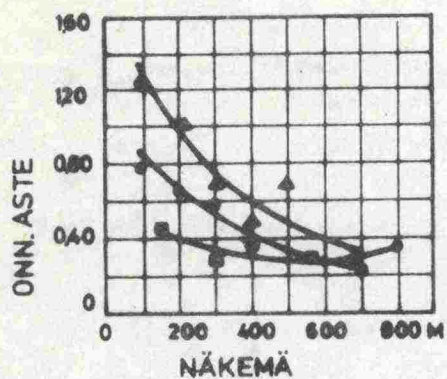
Englantilaisissa tutkimuksissa on näkemien parantamisen todettu vähentävän onnettomuuksia 30 %.

Charlesworth/Coburn (1957) /5/ ovat tutkineet mm. näkemien parantamista kaarteissa. Henkilövahinko-onnettomuudet vähenivät 65 % (kohteita 7 kpl).

Roosmark ja Fräki (1969) /12/ ovat tutkineet onnettomuustiheyden riippuvuutta näkemän pituudesta erilaisilla maanteilla Ruotsissa. Tutkimustuloksia on esitetty kuvissa 17...21.



ONN./MILJ. AJON. KM

 $\Delta$  = AJORADAN LEV. = 6,5 M, EI PIENTAREITA

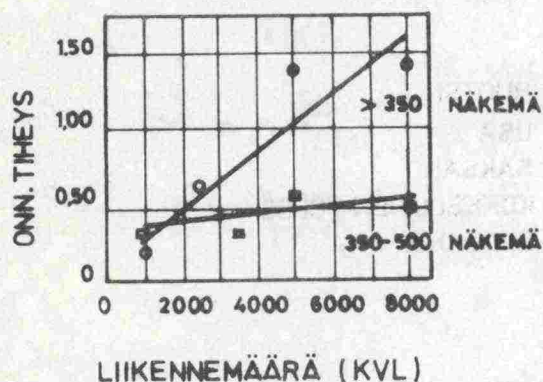
O = " " " " " " 7 M, " " "

□ = " " " " " " 7 M, PIENTAREET

Kuva 17

Onnettomuusasteen (vain linjaonnettomuudet) riippuvuus näkemän pituudesta erilevyisillä teillä /12/

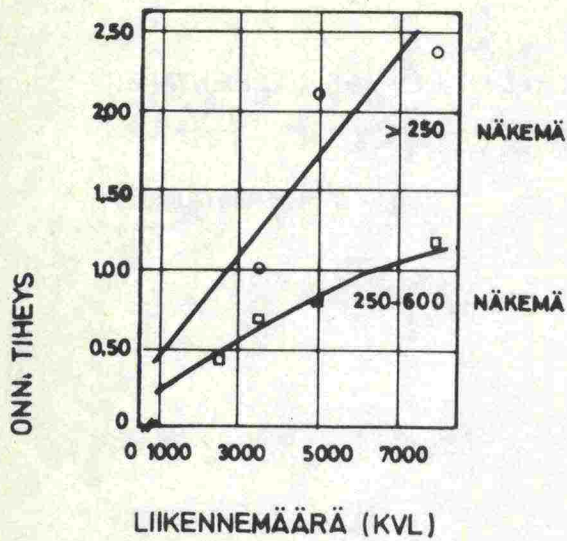
ONN. / KM.V.



Kuva 18

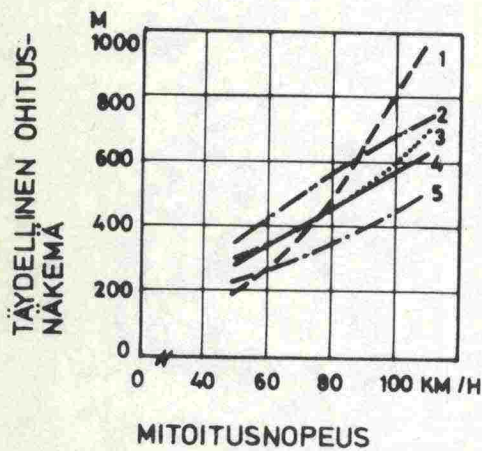
Onnettomuustiheyden (vain linjaonnettomuudet) riippuvuus liikennemäärästä ja näkemän pituudesta 7 m:n ajoradalla varustetuilla ilman pientareita olevilla teillä /12/

ONN / KM.V



Kuva 19

Onnettomuustiheyden (vain linjaonnettomuudet) riippuvuus liikennemäärästä ja näkemän pituudesta  $\leq 6,5$  m:n ajoradalla varustetuilla ilman pientareita olevilla teillä /12/

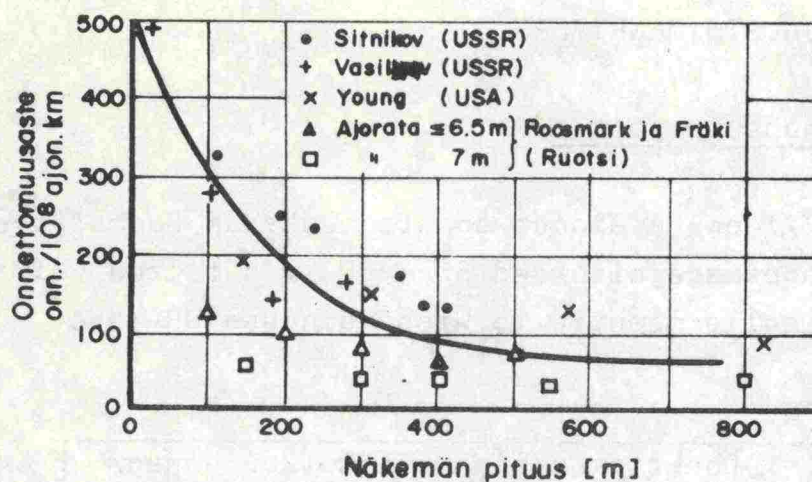


- 1 RUOTSI
- 2 USA
- 3 SAKSA
- 4 KOKEELLINEN TULOS
- 5 ENGLANTI

Kuva 20

Ohitusnäkemävaatimukset eri maiden normien mukaan sekä Ruotsissa tehtyjen empiiristen havaintojen mukaan /12/





Kuva 21

Onnettomuusasteen riippuvuus näkemäolosuhteista. (Ruotsalaisissa tutkimuksissa ei ole otettu huomioon liittymäonnettomuuksia.) / 7/

Arvio näkemien parantamisen keskimääräisestä vaikutuksesta onnettomuuksien määrään

Näkemän muutos

Onnettomuuksien kokonaismäärän vähentyminen

50 m → 100 m	25 %
50 m → 200 m	50 %
50 m → 300 m	70 %
100 m → 200 m	30 %
100 m → 300 m	60 %
100 m → 400 m	70 %
200 m → 500 m	65 %
200 m → $\geq 600$ m	70 %

## 4.2 LIIKENTEENOHJAUSTOIMENPITEET

### 4.2.1 Paikallinen nopeusrajoitus

Mohr (1954) /7/ on havainnut onnettomuuksien huomattavasti vähentyneen nopeusrajoituksen 55--80 km/h tultua voimaan 40 km:n pituiselle maantielle Wisconsinissa USA:ssa.

Tulokset

	Onnettomuuksien väh-% (2 v ennen/ 2 v jälkeen)		
	Yhteensä	Kuolleet	Loukkaantuneet
Nop.raj. tiet	-14 x	-67 x	-28 x
Muut tiet	+12	+14	+15

x = ero merkitsevä 99 %:n varm.tasolla

U.S. Department of Commerce (1959) /5/ on tutkimuksissaan todennut, että kohtuullisen korkea liikenteen nopeus on turvallisempi kuin pieni tahi erityisen korkea nopeus. Pienin onnettomuuksiin osallistuneiden ajoneuvojen määrä/100 milj.ajon.km saavutetaan tutkimuksen mukaan nopeusvälillä 96---112 km/h.

Nopeuksien kasvaessa onnettomuuksien seuraukset puolestaan pahenevat. Esim. nopeuden ollessa 120 km/h, loukkaantuneiden luku on enemmän kuin kolminkertainen verrattuna nopeuteen 60 km/h.

Tutkimuksessa pidettiin tärkeänä sitä, että nopeusrajoituksen arvo täytyy valita tarkoituksenmukaisella tavalla ottaen huomioon paikalliset tie- ja liikenneolosuhteet.

Newby (1960) /7/ on tutkinut nopeusrajoituksen vaikutusta 170 km pitkällä maantiellä Lontoon ulkopuolella. Tiestä 60 km:llä oli aikaisemmin nopeusrajoitus 50 km/h ja lopulla tieosalla ei ollut rajoitusta. Tielle asetettiin 65 km/h rajoitus.



	Onn.määrän ennen-jälkeen ero %	
	Kaikki onn.	Kuoll. tai vak. louk- kaantuneet henkilöt
50 km/h	- 1	+ 7
Ei nop.raj.	-20 x	-30 x
Osittain. nop.raj.	-22 x	-25 x

x = ero merkitsevä 95 %:n varm.tasolla

Statens Väginstitut (1960 ja 1962) /7/ on Ruotsissa tutkinut 80 km/h nopeusrajoitusta ja havainnut rajoituksen vähentävän onnettomuuksia merkitsevästi (4,5 km:n tieosa Västeråsin lähellä ja 2,4 km:n tieosa E4-tiellä Rotebron ja Hammarbyn välillä).

Landfiskalskontoret i Kungälv /7/ on suorittanut tutkimuksen 200 m:n pitkällä tieosalla kaarteessa, jossa sattui paljon vakavia onnettomuuksia ja jolle asetettiin 70 km/h nopeusrajoitus. Onnettomuudet vähenivät merkitsevästi 99 %:n varm.tasolla.

Englannissa tehdyn tutkimuksen mukaan nopeusrajoitus 48 km/h vähensi kylien kohdalla pääteillä 10 % kaikkien onnettomuuksien yhteismäärää /6/.

Lipposen diplomityön /20/ mukaan ulkomaisissa tutkimuksissa on saatu seuraavia tuloksia:

	48, 50 km/h	60, 64 km/h
Kuolemaan joht. ja vakavat onn.	-9%, -15%, -30%	-21%, -39%
Lievät loukk.onn.	-8%, - 3%, -18%	- 6%, - 1%
Kaikki onn.	+6%, -11%	- 2%, +10%

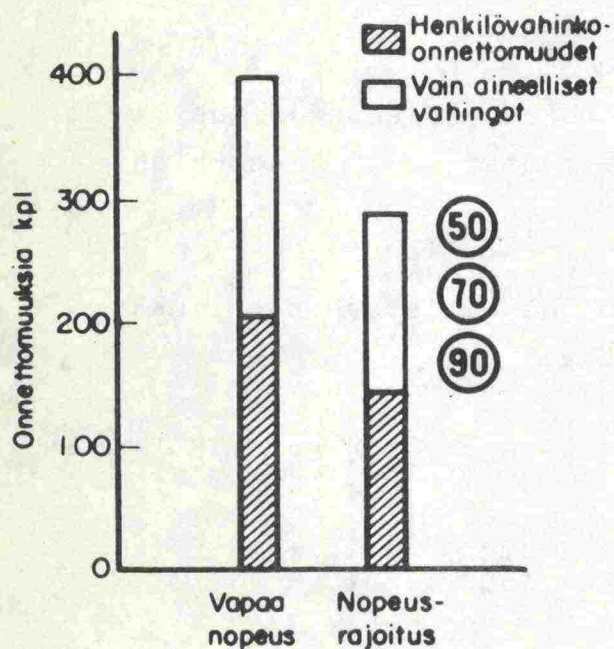
Lipposen diplomityössä /20/ on esitetty myös TVH:ssa tehtyjen ennen-jälkeen tutkimusten tuloksia, joiden mukaan paikallinen nopeusrajoitus on vaikuttanut onnettomuuksien määrään seuraavasti:

## Onn. väheneminen

Kuolemaan joht.	-48 %
Loukk. "	-27 %
Ain.vah. "	-25 %
Kaikki onn.	-27 %

## Onn. väheneminen

Nop.raj.	50 km/h	70 km/h	90 km/h
Kuolemaan joht.	-66 %	- 60 %	-20 %
Loukk. "	-19 %	- 39 %	- 4 %
Taajama	-22 %		
Liittymä	-48 %		
Silta	-60 %		
Muu tienkohta	-21 %		
Suora tie	- 3 %		
Kaarre tai mutka	-50 %		
Liittymä (muk. yksit.teiden l.)	-31 %		
Muu (sillat)	-60 %		
Vuodenaika			
- Kesä	-34 %		
- Talvi	-22 %		



Kuva 22

Onnettomuksien lukumäärä tutkimuskohteissa nopeusrajoituksen ja vapaan nopeuden aikana. (TVH)



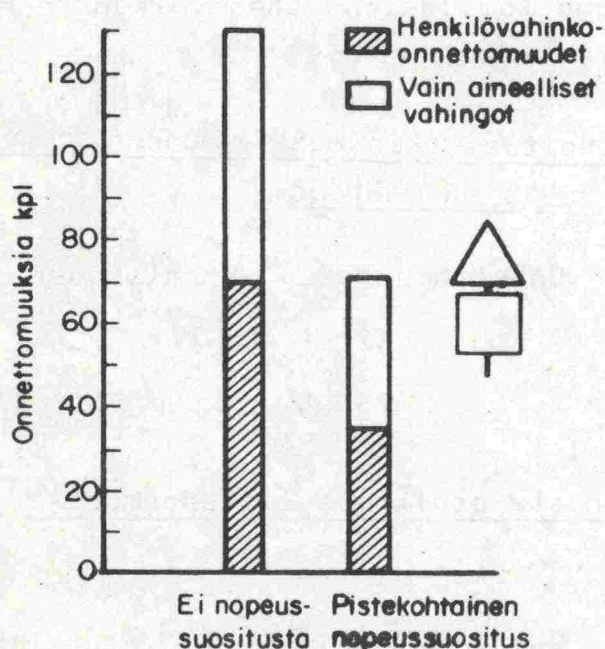
Arvio paikallisen nopeusrajoituksen keskimääräisestä vaikutuksesta onnettomuuksien määrään

Voidaan käyttää TVH:n ennen-jälkeen tutkimusten perusteella saatuja onnettomuuksien vähenemisprosenttilukuja eri tapauksissa.

4.2.2 Enimmäisnopeussuositus

TVH:n suorittamien tutkimusten mukaan enimmäisnopeussuositus eräillä teillä Etelä- ja Keski-Suomessa vaikutti onnettomuuksien määrään seuraavasti (ennen-jälkeen tutkimus 2+2 v ) /26/

	Henkilövah. johtaneet onnettom.	Ajoneuvovah. johtaneet onnettom.
Kaikki tienkohdat	-45 %	-45 %
Kaarteet	-70 %	-14 %
Liittymät	-33 %	-50 %



Kuva 23

Onnettomuuksien lukumäärä tutkimuskohteissa pistekohtaisen enimmäisnopeussuosituksen aikana ja vertailuajankohtana (TVH).

#### 4.2.3 Kaarteen ennakkovaroitusmerkki

Los Angeles County'ssa (Burrus, 1955) tehty tutkimus osoitti, että onnettomuuksien määrä pienentyi n. 50 %:n kaarteen ennakkovaroitusmerkin asentamisen jälkeen:

Tutkittuja kaarteita (kpl)	Onnettomuuksia kpl/v			
	päivänvalossa		pimeässä	
	ennen	jälkeen	ennen	jälkeen
52	3,16	17,4	63,2	31,5

Mc Camment (1959) /7/ on osoittanut, että uusien kooltaan entistä suurempien kaarteiden ennakkovaroitusmerkkien ja nopeusrajoitusmerkkien asentaminen Kansas' issa USA:ssa on vähentänyt onnettomuuksia seuraavasti:

	Onnettomuuksia kpl	Tästä kuol.joht.onn.
Vuosi ennen tp.	348	43
Vuosi jälkeen tp.	325	26

Kuolemaan johtaneiden onnettomuuksien vähentyminen on merkitsevä. Liikennemäärä on kasvanut 7 %.

Arvio kaarteen ennakkovaroitusmerkin keskimääräisestä vaikutuksesta liikenneonnettomuuksien määrään:

#### Onnettomuuksien vähentyminen

Kaikki onn.	20 %
Henkilövah. joht. onn.	50 %
Kuolemaan joht. onn.	50 %

#### 4.2.4 Etuaajo-oikeutettua risteystä osoittava liikennemerkki (ns. kärkikolmio)

Detroit Dept. of Streets and Traffic (1958) /7/ tutki 297 liittymää ennen etuaajo-oikeusmerkin (Yield sign) asentamista ja sen jälkeen (1+1 vuotta). Onnettomuudet vähenivät 52 % (merkitsevä). Seuraavassa taulukko tapahtuneista muutoksista:



	liittymiä kpl	%
Ei onnettomuuksia ennen eikä jälkeen	57	19
Ei muutoksia onnett.määrässä	35	12
Vähennystä " "	158	53
Lisäystä " "	47	16
Yhteensä	297	100

TVH:n suorittamien ennen-jälkeen tutkimusten mukaan /33/ etuajo-oikeutettua risteystä osoittava liikennemerkki vähensi kaikkien onnettomuuksien määrää 16 % ja henkilö-  
vahinkoihin johtaneiden onnettomuuksien määrää 19 %.

Arvio etuajo-oikeutettua risteystä osoittavan liikenne-  
merkin keskimääräisestä vaikutuksesta onnettomuuksien  
määrään

#### Onnettomuuksien väheneminen

Kaikki onnettomuudet	20 %
Henkilövah. joht. onn.	20 %

#### 4.2.5 Pakollista pysähtymistä osoittava liikennemerkki (ns. STOP-merkki)

Harrison (1957) /7/ tutki STOP-merkkijärjestelyjen vaikutusta onnettomuuksien määrään 24 liittymässä vv. 1948 - 1953. Liittymissä oli aikaisemmin kahdella tiellä STOP-merkit; toimenpide käsitti STOP-merkkien asentamisen myös kahdelle muulle tielle (4-haaraliittymä). Tulokset on esitetty seuraavassa taulukossa:

	Onn. kpl					
	Yht.	Kuol. joht.	Muut henk. vah.	Ajon. vah.	Kuol- leet	Louk- kaant.
2 v ennen	312	25	132	155	35	389
2 v jälk.	220	6	100	114	7	201
Muutos	-30 %	-76 %	-24 %	-26 %	-80 %	-48 %

Onnettomuuslukujen muutos on kaikissa tapauksissa merkitsevä.



RRL (Older 1961) /7/ on tutkinut ajorataan maalatun HALT tai STOP merkinnän vaikutusta. Vertailu käsitti 40 liittymää, joissa oli STOP-merkkijärjestelyjen lisäksi em. maalaus, ja 40 liittymää, joissa oli vain STOP-merkkijärjestelyt. Tutkimus osoitti, että maalatuissa liittymissä

- a) tapahtui vähemmän sivutieltä tulevien aiheuttamia henkilövahinko-onnettomuuksia
- b) onnettomuuksien kokonaismäärä oli 40 % alhaisempi

USA:ssa v. 1957 tehdyissä tutkimuksissa saatiin onn.kokonaismäärissä 30 %:n ja kuolemaan johtaneiden onnettomuuksien määrissä 80 %:n väheneminen. V. 1958 tehdyissä tutkimuksissa todettiin kaikkien onnettomuuksien vähentyneen 52 %.

Arvio pakollista pysähtymistä osoittavan liikennemerkkin keskimääräisestä vaikutuksesta onnettomuuksien määrään:

#### Onnettomuuksien väheneminen

kaikki onnettomuudet	40 %	(30...52 %)
henkilövah. joht. onn.	30 %	
kuolemaan joht. onn.	80 %	(76...80 %)

#### 4.2.6 Ajoradan reunaviivamerkin

Thomas (1958) /7/ on tutkinut maalattujen reunaviivamerkin-  
kintöjen vaikutusta 7,3 m leveillä 2-kaistaisilla maanteilla Louisianassa USA:ssa (pituus n. 100 km). Ennen-  
jälkeen-periodien pituudet olivat 6 kk. Reunamerkin-  
töjen ei havaittu parantavan turvallisuutta. Onnettomuuksien kasvu 33 % ei ollut kuitenkaan merkitsevä. 86 %  
ajajista ilmoitti merkintöjen helpottavan ajamista erityisesti pimeällä ja huonolla säällä. Ajajien havaittiin ajavan lähempänä tien keskikohtaa kuin aikaisemmin.



Illinoisissa USA:ssa (Illinois Division of Highways 1959) /7/ maalattiin valkoinen heijastava tienreunaviiva teille 610 km:n pituudelta. Onnettomuuksien kokonaismäärä väheni 21 %, kuolleiden määrä 40 % ja loukkaantuneiden määrä 16 %. Nokkatörmäykset ja yksittäisonnettomuudet vähenivät lukuunottamatta kapeita asfalttiteitä. Onnettomuudet vähenivät päivänvalossa enemmän kuin pimeässä (25/18 %).

Musick (1960) /7/ on tutkinut reunaviivamaalauksen vaikutusta 2-ajorataisilla maanteillä Ohiossa (kokonaispituus 100 km). Teiden leveys oli 6,0...7,2 m ja pientareiden leveys 1,2...1,4 m. Ennen-jälkeen vertailuperiodit olivat 1 vuoden pituiset. Vertailukohteena oli 100 km teitä, joille ei maalattu reunaviivaa. Maalatuilla teillä vähenivät onnettomuudet 19 % ja kuolleiden sekä loukkaantuneiden määrä 37 % (merkittävä). Pimeän ajan onnettomuudet vähenivät 35 % ja onnettomuudet risteyksissä 63 % (merkittävä). Risteysten välillä onnettomuudet vähenivät 15 %.

A.J. Basile (1962) /21/ tutki ajoradan reunaviivamerkintöjen vaikutusta 20 tieosalla (pituus yht. n. 200 mailia) Kansasissa. Tieosilla oli tapahtunut aikaisemmin runsaasti onnettomuuksia. Teiden leveys oli 6,1 m tai enemmän (kaksiajokaistaisia). Onnettomuudet vähentyivät seuraavasti:

Kaikki onnettomuudet	-21 %
Loukkaant. joht. onn.	-26 %
Kuolemaan " "	-59 %

Arvio reunaviivamaalauksen keskimääräisestä vaikutuksesta onnettomuuksien määrään

#### Onnettomuuksien väheneminen

Kaikki onnettomuudet	20 %	(19...21 %)
Loukkaant. joht. onn.	20 %	(16...26 %)
Kuolemaan " "	40 %	(37...59 %)

Liikennevalo-ohjatun liittymän turvallisuutta voidaan parantaa asentamalla ennakkovaroitus- tai lisäopastimet, järjestämällä erilliset kaistat ja vaiheet kääntyville ajoneuvoille, järjestämällä "kaikille punainen"-vaihe, toteuttamalla liikenneohjaus sekä toteuttamalla erillisten liittymien liikennevalo-ohjauksen yhteenkytkentä.

Arvio liikennevalojen asentamisen keskimääräisestä vaikutuksesta onnettomuuksien määrään:

Onnettomuuksien vähentyminen

Kaikki onnettomuudet	-10 %
Henkilövah.joht.onn.	-30 %



#### 4.2.7 Liikennevalojen asentaminen liittymään

Liikennevalojen asentamisesta on tehty lukuisia tutkimuksia. Lähteessä /7/ on referoitu mm. seuraavia tutkimuksia:

- Webb (1955) (2-vaiheisen valo-ohjatun liittymän onnettomuusmalli)
- Salomon (1959) (39 liittymää Michiganissa)
- Tanner (1956) (21 katuristeystä Lontoossa)
- Accident Prevention Department of the Association of Casualty and Surety Companies USA (erilaiset järjestelyt)
- Newby (1961)
- Ministry of Transport and Civil Aviation (1958) (liikennevalojen yhteenkytkentä)
- Ray (1957) (oikealle kääntyminen sallittu punaisen valon aikana)
- Salomon (1959)

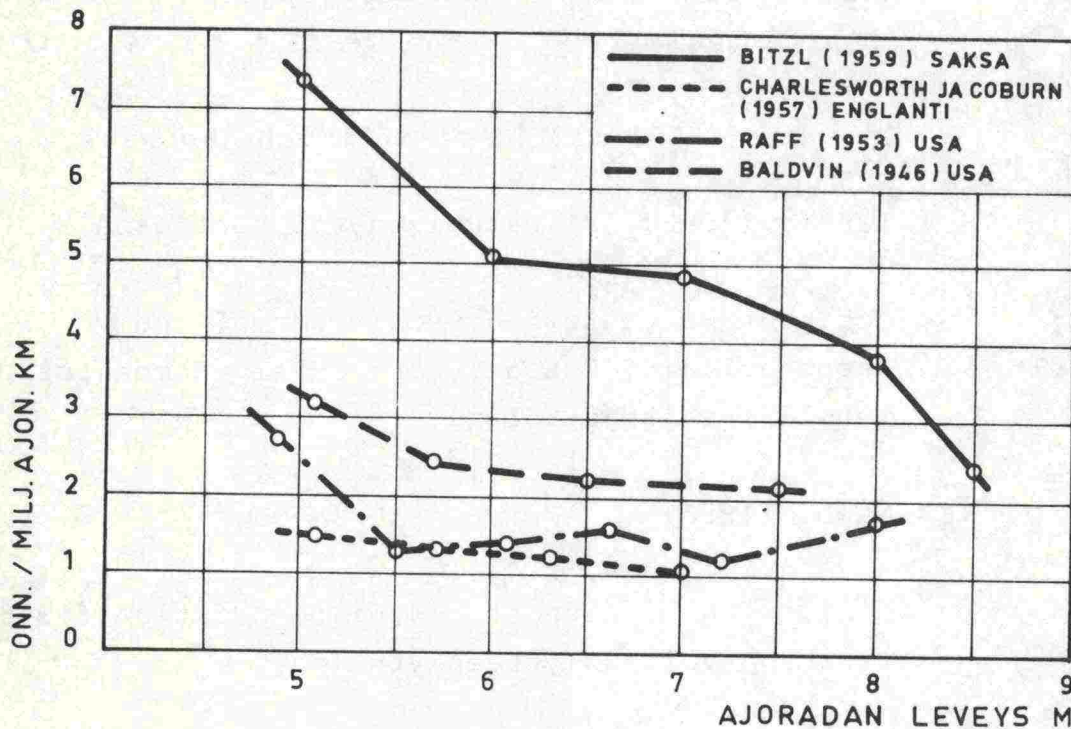
Liikennevalojen asentaminen parantaa yleensä liikenneturvallisuutta. Yleensä onnettomuusaste henkilövahinko-onnettomuuksien osalta vähenee. Kokonaisonnettomuusmäärä voi kuitenkin kasvaa peräänajojen lisääntyessä.

Onnettomuusaste on alhaisempi liikennevalo-ohjatun liittymän lähestymisnopeuden ollessa alhainen ( $\leq 50$  km/h).

### 4.3 POIKKILEIKKAUKSEN LEVEYDEN MUUTTAMINEN

#### 4.3.1 Ajoradan leventäminen

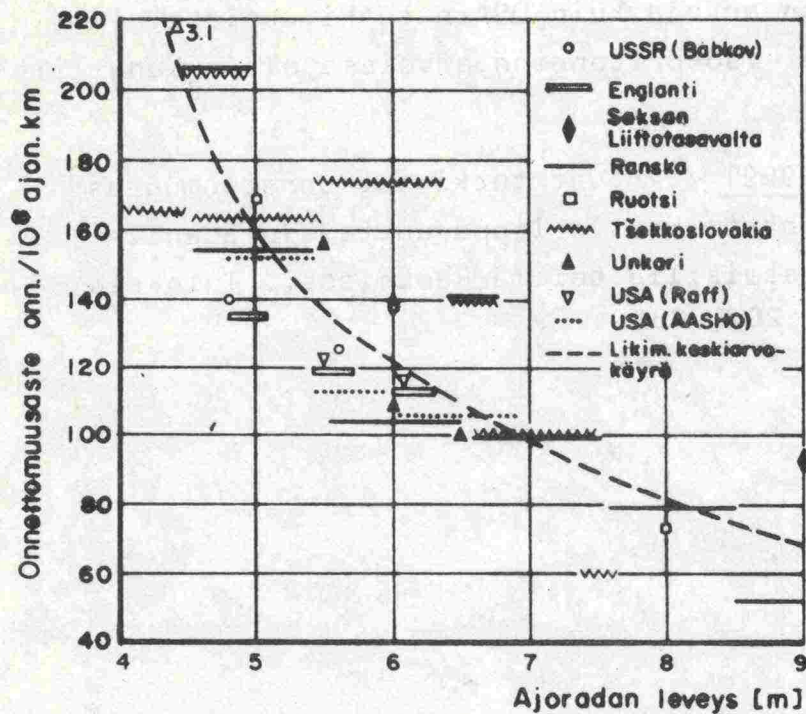
Ajoradan leveyden vaikutusta liikenneturvallisuuteen on tutkittu varsin runsaasti. Kuvissa 24 ja 25 on esitetty eri tutkimusten tuloksia.



Onnettomuusasteen riippuvuus ajoradan leveydestä 2-ajokais-  
taisilla maanteillä eri tutkimusten mukaan /7/.

Kuvassa 24 Baldwinin ja Raffin aineisto käsittää vain suorat tieosat (USA). Charlesworth/Coburnin aineistossa ovat mukana vain henkilövahinkoihin johtaneet linjaon-  
nettomuudet (Buckinghamshire).





Kuva 25

Onnettomuusasteen riippuvuus ajanajan leveydestä /3/

Cope (1955) /7/ on tutkinut ajanajan leventämistä 5,5 metristä 6,7 metriin 2-ajokaistaisella 390 km pitkällä maantiesosalla Illinoisissa USA:ssa. Onnettomuusaste väheni 22 % pienemmillä liikennemäärillä (n. 2 200 ajon./vrk) ja n. 47 % suuremmilla liikennemäärillä (n. 3 000 ajon./vrk) ja keskimäärin n. 26 % (ennen-jälkeen tutkimus 2+2 vuotta).

Evans /5/ on tutkinut 2-ajokaistaisia maanteitä Iso-Britanniassa (ei liittymiä). Tulokset on esitetty seuraavassa taulukossa:

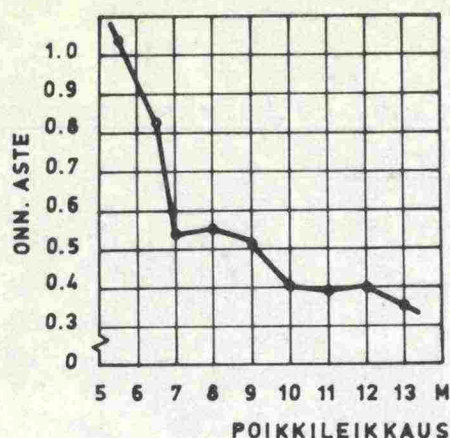
Ajan. lev. (m)	Onn.aste (onn./milj. ajon.km)	
	Evans	Garwood
<5.50	3.23	1.43
5.50-6.10	2.36	1.24
6.10-7.00	2.18	1.18
>7.00	2.11	1.06

Iso-Britannian tutkimuksissa on saatu huomattavasti alhaisempia onnettomuusasteen arvoja kuin USA:n tutkimuksissa. Tämä johtunee siitä, ettei Iso-Britannian arvoissa ole mukana liittymäonnettomuuksia.

Roosmark ja Fräki (1969) /12/ ovat tutkineet onnettomuusasteen (ei liittymäonnettomuudet) riippuvuutta ajoradan leveydestä kaksiajokaistaisilla teillä Ruotsissa. Tuloksia on esitetty kuvissa 26...28.



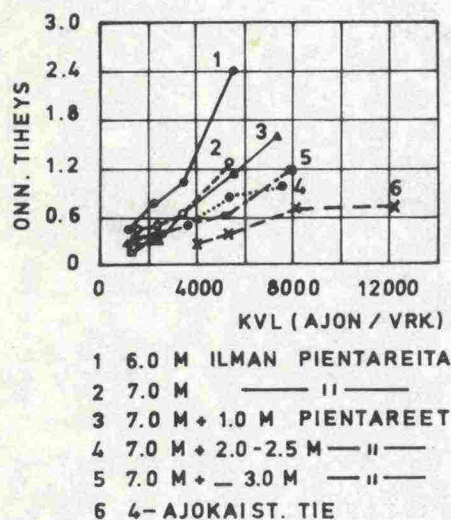
ONN. / MILJ. AJON. KM



Kuva 26

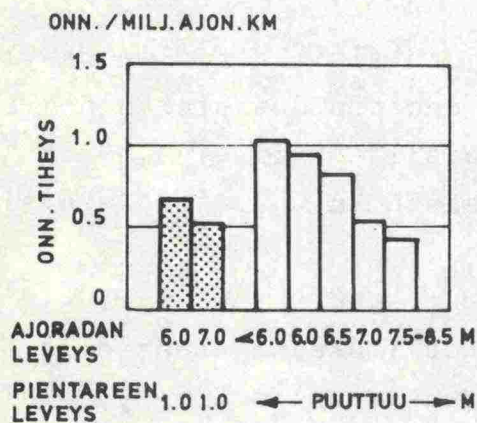
Onnettomuusaste (vain linjaonnettomuudet) poikkileikkauksen leveyden funktiona kaksikaistaisilla maanteillä (Ruotsi) /2/

ONN. / KM. V



Kuva 27

Onnettomuustiheys (vain linjaonnettomuudet) liikennemäärän funktiona erilevyisillä teillä (Ruotsi) /12/



Kuva 28

Onnettomuustiheys erityyppisillä teillä (Ruotsi) /12/



Arvio tien leveyden keskimääräisestä vaikutuksesta onnettomuuksien määrään (2-ajokaistaiset tiet):

Tien leveyden muutos		Onnettomuuksien väheneminen
5 m	→ 6 m	25 %
5 m	→ 7 m	35 %
5 m	→ 8 m	50 %
6 m	→ 7 m	20 %
6 m	→ 8 m	35 %
7 m	→ 8 m	20 %

#### 4.3.2 Tien rakentaminen kaksiajorataiseksi

Lähteessä /7/ on referoitu seuraavista tutkimuksista eri tyyppisten teiden onnettomuusastetta:

- May (1959)
- Bitzl (1960)
- Raff (1953)
- Vick (1958)
- Moskowitz (1961)
- Bitzl (1956)
- Grahn/Rembler (1958)

Yhteenvedossa on päädytty seuraaviin tuloksiin:

- Moottoriteillä on yleensä 50-75 % alhaisempi onnettomuusaste kuin 4-ajokaistaisilla 1-ajorataisilla teillä, joilla ei ole eritasoliittymiä.
- 4-ajokaistaisilla 2-ajorataisilla teillä on yleensä 20-30 % alhaisempi onnettomuusaste kuin 4-ajokaistaisilla 1-ajorataisilla teillä ja 30-50 % alhaisempi onnettomuusaste kuin 2-ajokaistaisilla teillä.

Lähteessä /32/ on kirjallisuustutkimuksen perusteella saatu seuraavat ääriarvot onnettomuusasteelle eri tyyppisillä teillä:



2-ajokaist. maantie		100-1200 onn/10 <sup>8</sup>	ajon./km
3-       "-		50-1000	"-
4-       "-	1-ajorat.	50- 300	"-
4-       "-	2-   "-	25- 500	"-
moottoritie		25- 300	"-

Lähteessä /32/ on todettu eri tutkimusten tulosten poikkeavan varsin paljon toisistaan, mikä johtuu mm. tilastointisysteemien, ajotapojen ja tietyyppien eroista eri maissa ja USA:n osavaltioissa.

Arvio tien kaksiajorataiseksi rakentamisen keskimääräisestä vaikutuksesta onnettomuuksien määrään:

Tie alunperin	Onnettomuuksien väheneminen
2-ajokaistainen	50 %
4-       "       1-ajorat.	30 %

#### 4.3.3 Pientareiden leventäminen

Raffin (1953) /7/ mukaan ei pientareiden leveydellä ole vaikutusta onnettomuusasteeseen suorilla 2-ajokaistaisilla maanteillä.

Virginiassa USA:ssa (Virginia Dept. of Highways, 1955) /7/ levennettiin 24 km:n tieosalla, jonka ajoradan leveys oli 6,1 m, 0,3 - 1,2 m leveät pientareet 1,8 m levyisiksi päällystetyn leveyden ollessa 1,2 m. Onnettomuusaste väheni 2+2 vuoden ennen-jälkeen tarkastelun aikana 33 % (merkitsevä).

Belmontin (1956) /5/ tutkimusten mukaan pienillä liikennemäärillä (800-1200 ajon/vrk) pientareen leveyden kasvaessa onnettomuustiheys vähenee. Suurilla liikennemäärillä (2000-12000 ajon/vrk) pientareen levetessä onnettomuustiheys kasvaa.

Head/Kaestner (1956) /7/ ovat todenneet 2-ajokaistaisilla sorapientarein varustetuilla teillä Oregonissa USA:ssa seuraavaa:

- tienpientareiden leveyden ja onnettomuusasteen välillä ei ole mitään yhteyttä KVL:n ollessa < 3600 ajon/vrk
- suuremmilla liikennemäärillä (KVL > 3600 ajon/vrk) onnettomuusaste pienenee pientareiden leveyden kasvaessa. Vaikutus oli merkitsevä vain liikennemäärän ollessa 3600-5500 ajon/vrk.

Billion/Stohner (1957) /7/ yrittivät löytää syytä havaittuihin ristiriitaisiin tutkimustuloksiin. He saivat kaarteissa ja nousuissa tuloksiksi seuraavaa:

- keskileveillä pientareilla (1,5 - 2,3 m) oli alhaisempi onnettomuusindeksi kuin kapeilla pientareilla (0,9 - 1,4 m) kaikissa kaarteissa ja nousuissa
- leveillä pientareilla ( > 2,4 m) oli alhaisempi onnettomuusindeksi kuin kapeilla ja keskileveillä pientareilla kaarteissa ja nousuissa (tulos ei ole merkitsevä)
- linjauksella on suurempi merkitys kuin pientareilla.

Perkins (1957) /7/ on havainnut, ettei ole olemassa yhteyttä onnettomuusasteen ja pientareiden leveyden välillä.

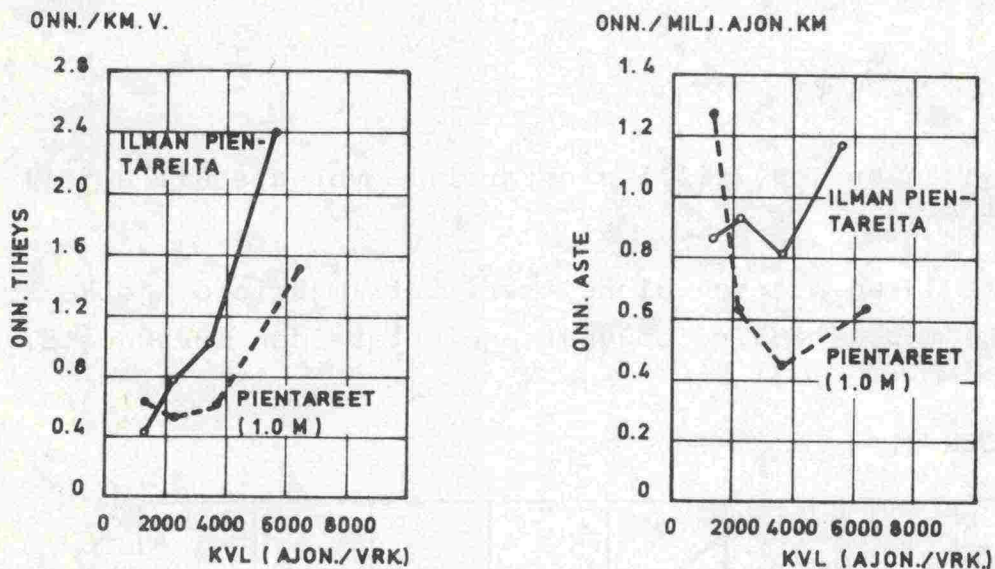
Grahn/Rempler (1958) /7/ ovat havainneet Ruotsissa, että pientareilla varustetuilla teillä on alhaisempi onnettomuusaste kuin ilman pientareita olevilla teillä. Tulos perustuu yksittäisiin epätarkkoihin arvoihin.

Blensley/Head (1960) /7/ ovat havainneet, ettei merkittävää yhteyttä ole olemassa onnettomuusasteen ja pientareiden leveyden välillä paitsi KVL:n ollessa 2000-2999 ajon/vrk, jolloin onnettomuusaste kasvoi merkitsevästi pientareiden leveyden kasvaessa.



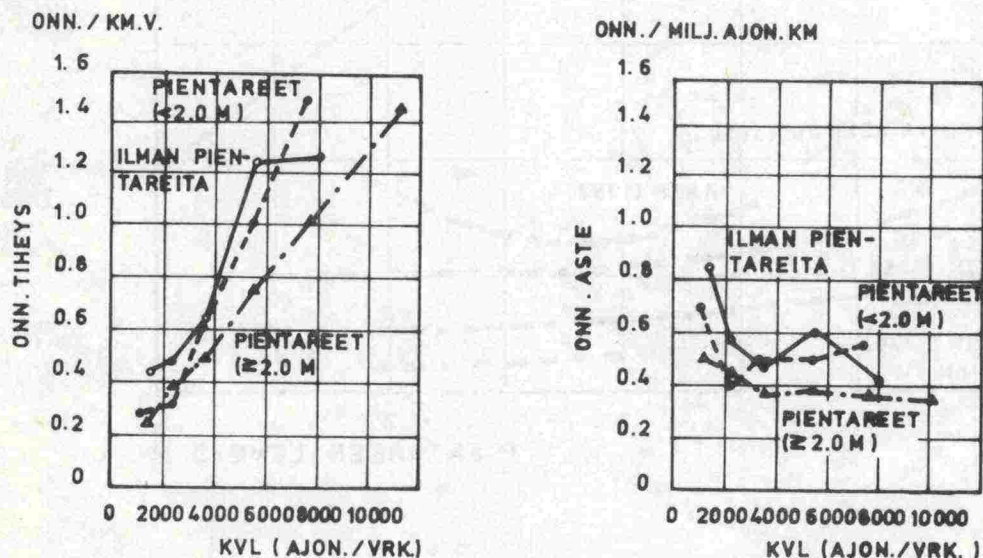
Bitzl (1962) /5/ totesi että leveillä (2,5 m) pientareilla varustetuilla tieosuuksilla onnettomuusaste oli vain n. puolet ilman pientareita olevien teiden onnettomuusasteesta. Kapeaan (n. 0,5 - 0,75 m) pientareeseen verrattuna leveän pientareen onnettomuusaste oli n. 45 % alhaisempi.

Roosmarkin ja Fräkin (1969) /12/ Ruotsissa tekemien tutkimusten tuloksia on esitetty kuvissa 29...31.



Kuva 29

Onnettomuustiheys ja -aste (vain linjaonnettomuudet) liikennemäärän funktiona 6 m:n ajoradalla varustetuilla teillä (Ruotsi) /12/

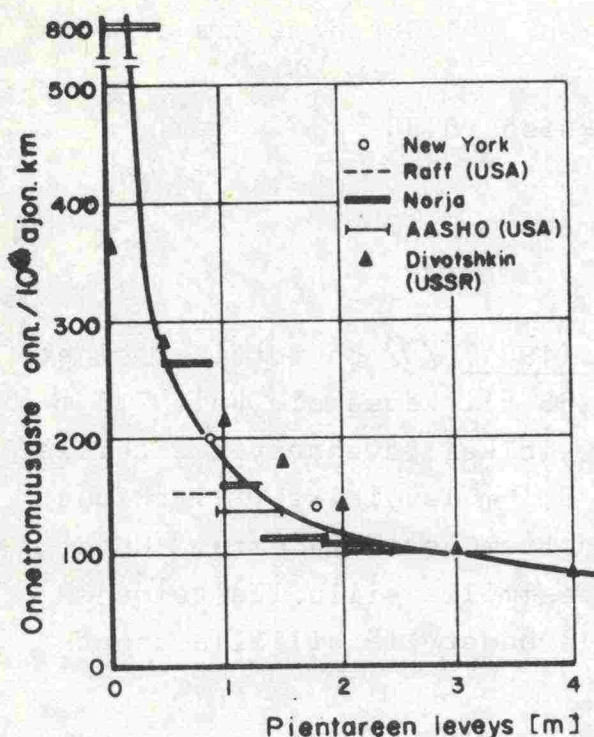


Kuva 30

Onnettomuustiheys ja -aste (vain linjaonnettomuudet) liikennemäärän ja pientareen leveyden funktiona 7 m:n ajoradalla varustetuilla teillä (Ruotsi) /12/







Kuva 33

Onnettomuusasteen riippuvuus pientareen leveydestä eri tutkimusten mukaan /3/

Arvio pientareiden leveyden keskimääräisestä vaikutuksesta onnettomuuksien määrään

Pientareen leventäminen

Onnettomuuksien väheneminen

0	m	→	1	m	30 %
0	m	→	2	m	50 %
0	m	→	2,5	m	55 %
1	m	→	1,5	m	15 %
1	m	→	2	m	25 %
1	m	→	2,5	m	35 %
1,5	m	→	2	m	10 %
1,5	m	→	2,5	m	20 %

#### 4.3.4 Kapean sillan leventäminen

Bureau of Public Roads/National Safety Council on suorittanut tutkimuksen (Fritts 1955)/7/, joka osoittaa onnettomuusasteen ja sillan leveyden välillä olevan seuraavan yhteyden:

- silta 0.3 m tai enemmän 1.0 onn/milj.ajon/vuosi  
kapeampi kuin tie
- sillan ja tien leveyksien 0.58 "  
ero -0.3 m...+1.5 m
- silta 1.5 m tai enemmän 0.12 "  
leveämpi kuin tie

Iowa State Highway Commission (1961) /7/ on tutkinut onnettomuuksia 72 sillalla, joista 65 oli kapeampia kuin 7,3 m ja jotka sijaitsivat 7,3 m levyisiksi levennetyillä teillä. 7 muuta siltaa oli levennetty 9,1 m levyisiksi. Tutkimus suoritettiin vv. 1948-1959 onnettomuusaineistosta. Onnettomuusaste kasvoi kaikilla kapeammilla silloilla teiden leventämisen jälkeen. 7:llä levennetyllä sillalla onnettomuusaste pienentyi.

Tietyissä tapauksissa varoitusmerkit voivat vähentää onnettomuuksia (etenkin yöllä).

Arvio leveämmän sillan rakentamisen keskimääräisestä vaikutuksesta onnettomuuksien määrään:

#### Onnettomuuksien vähentyminen

Tietä kapeamman sillan leventäminen tien levyiseksi	40 %
Tietä kapeamman sillan leventäminen > 1,5 m tietä leveämmäksi	85 %
Tien levyisen sillan leventäminen > 1,5 m tietä leveämmäksi	75 %

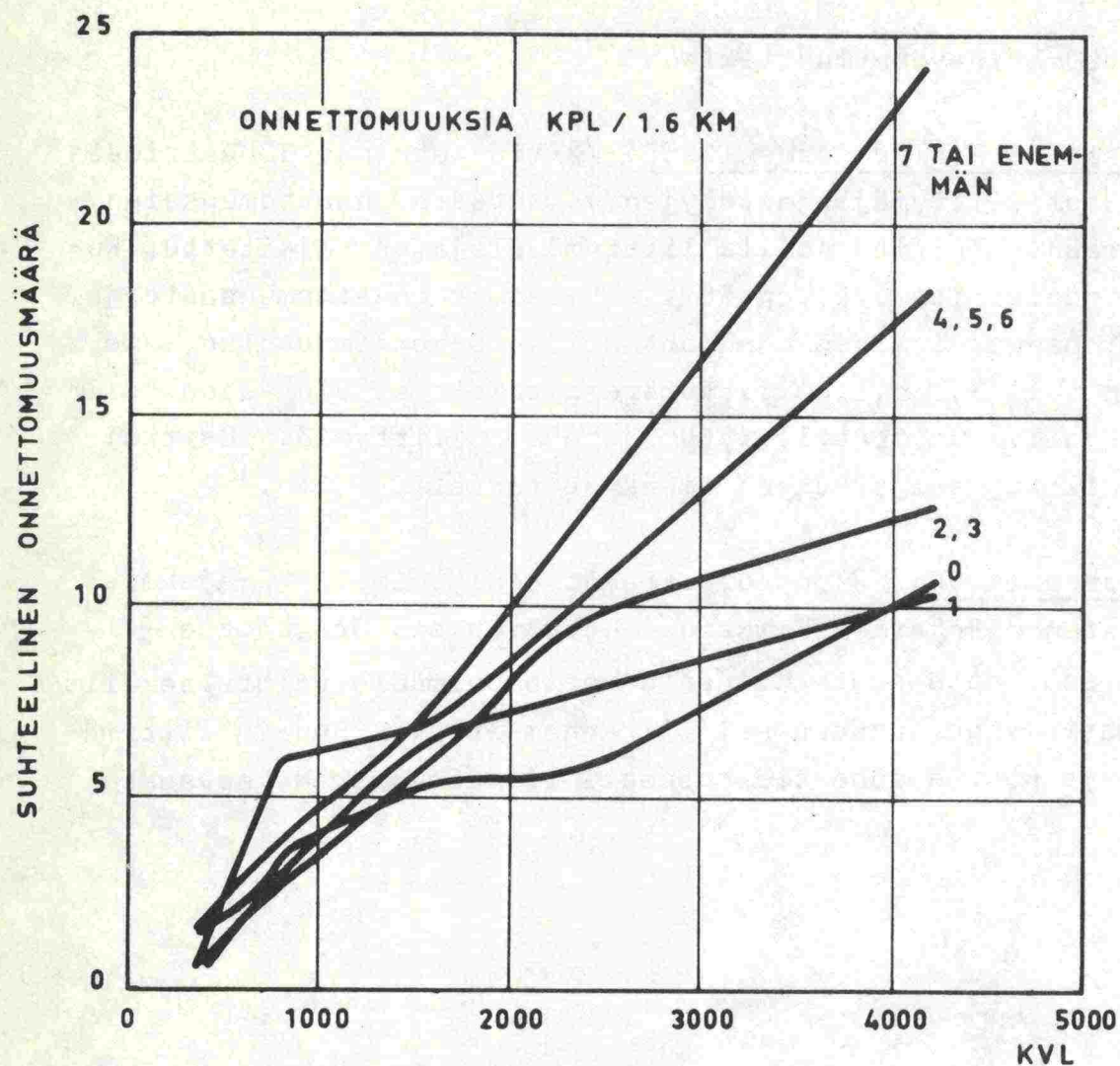


#### 4.4 LIITTYMIEN MÄÄRÄN TAI MUODON MUUTTAMINEN

##### 4.4.1 Liittymätiheyden muuttaminen

Bureau of Public Roads (1959) /7/ on tutkinut 30 valtiossa USA:ssa liittymäjärjestelyjen vaikutusta onnettomuuksien määrään. Teillä, joilla liittymävälejä on rajoitettu, kuten moottoriteillä, on 55 % alhaisempi onnettomuusaste ja 60 % pienempi kuolemaan johtaneiden onnettomuuksien aste kuin teillä, joilla liittymärajoituksia ei ole kuten teillä, joilla on tonttiliittymiä ja tasoliittymiä. Osittaiset liittymärajoitukset lisäävät turvallisuutta.

Versace (1960) /7/ on osoittanut analysoimalla 2-ajokais-  
taisten maanteiden liikenneonnettomuuksia Oregonissa USA:ssa, että suhteellinen onnettomuusmäärä vaihtelee liittymätiheyden suhteen eri liikennemäärillä. Suuri liittymätiheys nostaa indeksiä nopeasti liikennemäärän kasvaessa (kuva 34)

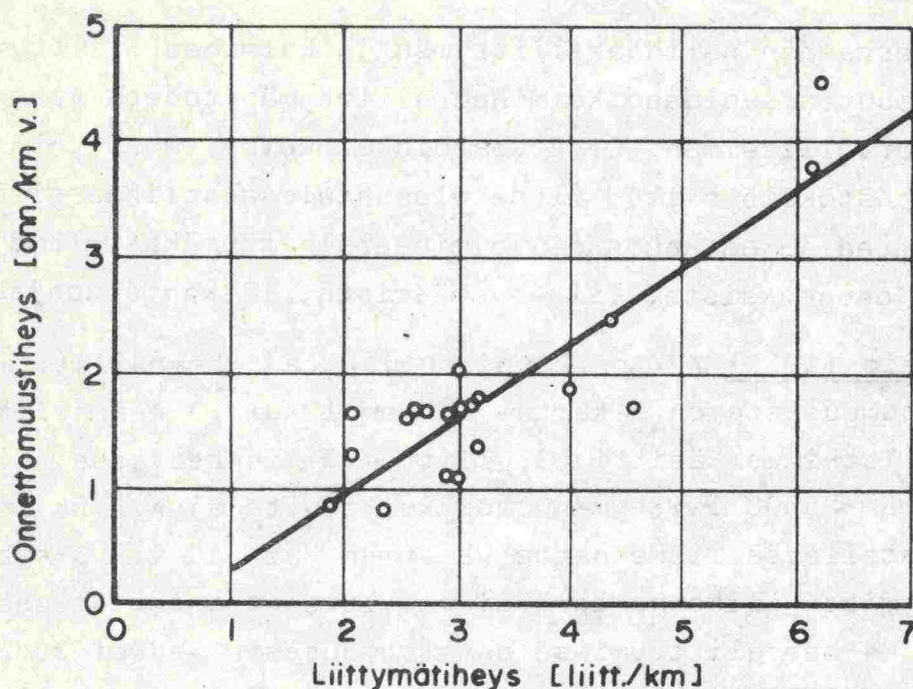


Kuva 34

Suhteellisen onnettomuusmäärän riippuvuus liittymätiheydestä ja liikennemäärästä 2-ajokaistaisilla maanteilla USA:ssa (Versace 1960) /7/

Kuvassa 35 on esitetty TVH:n tutkimusten osoittama yhteys onnettomuusasteen ja liittymätiheyden välillä maaseututajaman yleisellä tieverkolla /22/.





Kuva 35

Maaseututaajaman yleisen tieverkon onnettomuustiheyden riippuvuus liittymätiheydestä läpikulkuliikenteen ollessa yli 1 500 m.ajon./vrk (TVH) /22/

Tanner (1953) /7/ on tutkinut 232 maantiellä sijaitsevien 3-haaraliittymien onnettomuuksia. Liittymien rajoittaminen vähensi onnettomuuksia. Yhdistämällä  $n$  sivutieliittymää yhdeksi liittymäksi vähenee onnettomuusmäärä  $1/\sqrt{n}$  osaan. Kahden sivutieliittymän yhdistäminen vähentää onnettomuuksia näin ollen n. 30 %.

Arvio liittymätiheyden pienentämisen keskimääräisestä vaikutuksesta onnettomuuksien määrään:

Em. tutkimusten perusteella on vaikea arvioida liittymätiheyden pienentämisen yleistä vaikutusta. Liittymien yhdistämisen suhteen voidaan soveltaa Tannerin tutkimustulosta:

#### Onnettomuuksien väheneminen

Kahden liittymän yhdistäminen	30 %
Kolmen " "	40 %
Neljän " "	50 %



#### 4.4.2 Nelihaaraliittymän muuttaminen kahdeksi kolmihaaraliittymäksi


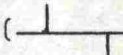
Kun verrataan nelihaaraliittymän ja kolmihaaraliittymän turvallisuutta, voidaan kolmihaaraliittymän todeta yleensä olevan turvallisemman. Sitä vastoin ei voida tehdä yhtä selviä johtopäätöksiä siitä, missä olosuhteissa nelihaaraliittymä kannattaa jakaa kahdeksi kolmihaaraliittymäksi. Tämä riippuu mm. ajonopeuksista, liikennemääristä, liikenteenohjauksesta jne.

Staffeld (1953) /7/ on havainnut, että 4-haaraliittymän onnettomuusaste on 2 kertaa suurempi kuin 3-haaraliittymän. Tutkimus käsitti 593 liittymää Minnesotassa, liikennemäärä < 5000 liittymän läpi kulkenutta ajon./vrk (KVL) ja risteilevää liikennettä vähemmän kuin 10 %. 3-haaraliittymissä liikennemäärä ei vaikuttanut onnettomuusasteeseen. 4-haaraliittymissä onnettomuusaste kasvoi suoraviivaisesti 3500 ajon./vrk saakka, minkä jälkeen ei ollut havaittavissa selvää yhteyttä.

Raff (1953) /7/ on saanut USA:n maanteilla seuraavia tuloksia:

Pimeän ajan liikenne	Onn./10 milj. ajon. km					
	rist.liik. <10 %			rist.liik. ≥10 %		
	3-haaral.	4-haaral.	Yht.	3-haaral.	4-haaral.	yht.
10---19 %	2,8	5,1	3,5	13,9	18,5	15,6
20---29 %	2,2	4,0	2,9	5,8	8,1	6,9
30---39 %	0,9	1,9	1,1	4,3	5,4	4,7
Yhteensä	1,4	3,0	1,9	5,7	7,5	6,5

Huomattakoon, että onnettomuusaste vähenee pimeanajan liikenteen osuuden kasvaessa. 3-haaraliittymä on turvallisempi etenkin risteävän liikenteen ollessa vähäistä.

Tanner (1953) /7/ on mallitutkimuksen avulla osoittanut, että a) vasemmalle porrastettu liittymä (—) on turvallisempi kuin b) oikealle porrastettu liittymä (). Ero oli teoreettisesti 40 % (vasemmanpuolinen liikenne). Tutkittaessa olemassa olevia liittymiä todettiin, että 4-haaraliittymän porrastaminen kahdeksi 3-haaraliittymäksi vasemmalle vähensi onnettomuuksia 87 % (9 tapausta) ja oikealle 51 % (10 tapausta).



TVH:n /38/ tutkimuksessa todettiin, että kaksipuolinen liittymä on ollut onnettomuustiheyden kannalta keskimäärin 3,9 kertaa niin vaarallinen kuin yksipuolinen liittymä. Onnettomuusaste on puolestaan ollut saman tutkimuksen kaksipuolisisa liittymissä n. 2,6-kertainen yksipuolisiin liittymiin verrattuna.

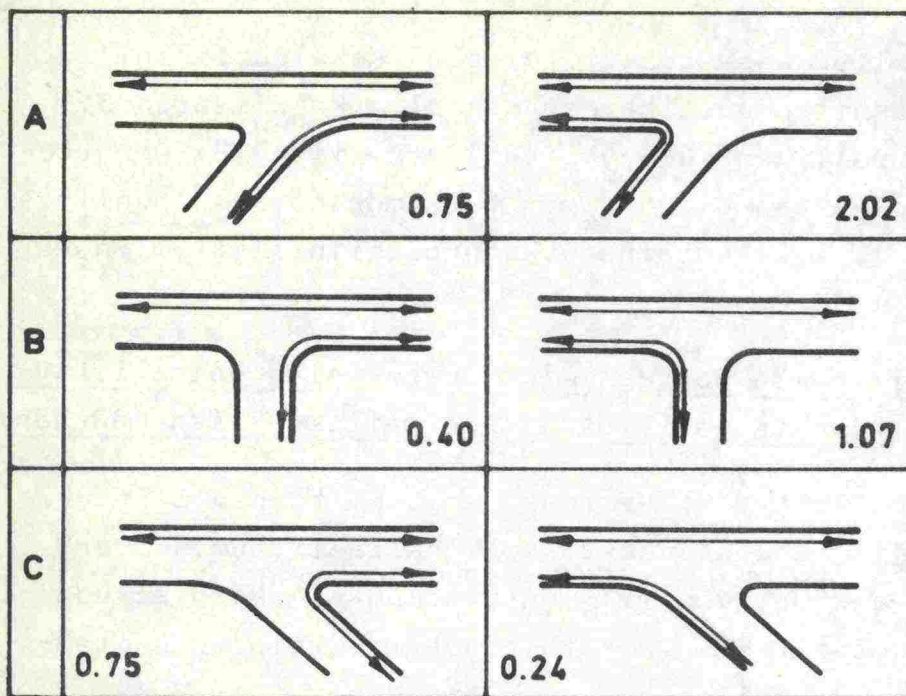
Arvio 4-haaraliittymän porrastamisen kahdeksi 3-haaraliittymäksi keskimääräisestä vaikutuksesta onnettomuuksien määrään:

Mikäli nelihaaraliittymästä voidaan poistaa toinen liittyvä tie, voidaan näin muodostuneessa kolmihaaraliittymässä arvioida tapahtuvan 50 % vähemmän onnettomuuksia kuin alkupe-  
räisessä liittymässä. Em. vaikutusprosentti riippuu kuitenkin olennaisesti paikallisista olosuhteista.

Edellä olevan aineiston perusteella ei sitä vastoin voida arvioida sitä, saadaanko liikenneonnettomuuksia vähenemään jakamalla nelihaaraliittymä kahdeksi kolmihaaraliittymäksi.

#### 4.4.3 Liittymäkulman muuttaminen

Glanville (1951) /7/ on tutkinut erimuotoisten 3-haaraliittymien suhteellista onnettomuusriskiä 100:ssa liittymässä. Keskimääräinen vuosittainen onnettomuusmäärä suhteutettiin kahden pääliikennevirran kaksisuuntaiseen liikennemäärään (KVL) (vasemmanpuolinen liikenne). (Kuva 36)



Kuva 36

Kolmihaaraliittymien suhteellinen onnettomuusriski (vasemmanpuoleinen liikenne)

Colgate/Tanner (1967) /12/ totesivat, että liittymäkulman ollessa  $< 90^\circ$  pääsuunnasta oikeaan käännettäessä, on liittymä turvallisempi kuin ko. kulman ollessa  $= 90^\circ$  (vasemmanpuoleinen liikenne). Myös liittyvältä sivutieltä päätielle oikeaan käännettäessä on ao. muotoilulla positiivinen vaikutus.

Neuvostoliitossa tehdyn tutkimuksen /2/ mukaan  $115...130^\circ$  liittymäkulma on turvallisin (oikeanpuolinen liikenne). Tällöin näkemäolosuhteet ovat edullisimmat:

Liittymäkulma ( $^\circ$ )	150	115-130	90	60	30
suhteellinen onnettomuusasteluku	1,8	1,0	1,2	1,9	2,1

Arvio liittymäkulman muuttamisen keskimääräisestä vaikutuksesta onnettomuuksien määrään:

Em. tutkimukset osoittavat, että liittymäkulman tulisi olla  $> 90^\circ$  (oikeanpuolinen liikenne).



## 4.4.4

Liittymän rakenteen ja muodon parantaminen

TVH:n ennen-jälkeen tutkimusten mukaan on liittymän muodon, liikennejärjestelyjen ja tasauksen parantaminen vaikuttanut onnettomuuksien määrään seuraavasti (luotettavuus 99 %) /33/:

	Vaikutus
Kuolemaan johtaneet onnettom.	-33 %
Loukkaantumiseen " "	-35 %
Aineellisiin vahinkoihin joht. onn.	-26 %
Yht.	-35 %

Pääsuunnan kanavoinnin on todettu TVH:n tutkimuksissa vähentävän onnettomuuksien määriä seuraavasti (luotettavuus 95 %) /33/:

	Vaikutus
Kuolemaan johtaneet onnettom.	-67 %
Loukkaantumiseen " "	-46 %
Aineellisiin vahinkoihin joht. onn.	-27 %
Yht.	-38 %

## PÄÄLLYSTEEN KITKAOMINAISUUKSIEN PARANTAMINEN

Giles ja Sabey (1958) /5/ ovat suorittaneet ennen-jälkeen tutkimuksen ajoradan pinnan parantamisen vaikutuksesta liikenneturvallisuuteen. Kohteena oli 55 luisumisonnettomuuksille altista tieosuutta Iso-Britanniassa. Tulokset taulukossa:

	Ennen		Jälkeen	
	Onn.kok. määrä	Keskim. onn. luku/ tieosa ja vuosi	Onn.kok. määrä	Keskim. onn. luku/ tieosa ja vuosi
Luisumisonnettomuudet määrällä ajoradalla	723	6	130 <sup>x)</sup>	1
Onnettomuuksien kokonaismäärä määrällä ajoradalla	1025	8	321	2
Tutkimuksen kesto	2 v 2 kk		2 v 8 kk	

x) Lukuun sisältyy 68 luisumisonnettomuutta 8 tieosalla, joilla kitkakerroin pinnan parantamisen jälkeen vähemmän kuin kahdessa vuodessa laski jälleen sangen alhaiseen arvoon.

Tutkimustulosten mukaan tienpinnan kitkaominaisuuksia parannettaessa vähennetään luisumis- ja suistumisonnettomuuksien lisäksi myös kaikkien onnettomuuksien lukumäärää.

Cantilli (1959) /5/ on tutkinut onnettomuuksien vaikeusasteen suhdetta tienpinnan ominaisuuksiin Lincoln-tunnelissa USA:ssa. Tutkimuksen tuloksista voidaan todeta, että tienpinnan muuttuessa kuivasta märäksi, jäiseksi tai lumi-iljan teiseksi onnettomuuksien lukumäärä laskee tienpinnan ominaisuuksien muuttuessa huonompaan suuntaan. Keskimääräinen onnettomuuksien vaikeusaste sen sijaan kasvaa.

A.W. Christie (1962) /21/ on todennut tutkimuksissaan, että eräällä kaksiajorataisella tiellä Englannissa keskimäärin



joka kahdenteentoista valaistuspylvääseen törmätään vuosittain. Hänen laskelmansa osoittavat, että tieltä suistuneella ajoneuvolla on todennäköisyys törmätä valopylvääseen yhdessä tapauksessa kolmesta tai viidestä riippuen siitä onko ajorata kuiva vai märkä.

Sabey (1962) /5/ on tutkinut tienpinnan liukkauden vaikutusta henkilövahinkoja aiheuttaneisiin onnettomuuksiin Iso-Britanniassa. Tuloksia:

Tienpinnan pinta	Tieltä suistum. tai ajosuunnassa luisumisen aih. onnettom. lukumäärä	Kaikkien onnettomuuksien lukumäärä	Suistumis- tai luisumisonnettomuuksien %-osuus
Kuiva	24 480	169 070	14.5
Märkä	28 930	89 900	32.0
Jäinen tai luminen	7 210	8 930	81.0
Yhteensä	60 620	267 900	23.0

Suurin osa suistumis- ja luisumisonnettomuuksista tapahtuu luonnollisesti talviolosuhteissa (81.0 %). Huomiota herättää erityisesti se, että märällä tienpinnalla tapahtuu enemmän kuin kaksi kertaa niin paljon tiellääsuistumisia ja luisumisonnettomuuksia kuin kuivalla ajoradalla (32.0 % / 14.5 %). Tämä on selitettävissä kitkan vähenemisenä märällä pinnalla, mitä seikkaa useimmat ajajat eivät tiedosta.

Bitzl (1964) /5/ toteaa tutkimuksessaan, että tien liukkaus oli suhteellisen harvoin onnettomuuksien ainoana syynä (n. 5,5 % kaikista onnettomuuksista). Useammin liukkaus oli osasyynä muiden tekijöiden, kuten liiallinen nopeus, etuajo-oikeuden huomaamatta jääminen jne. kanssa (n. 35,3 % kaikista onnettomuuksista). Tutkimuksessa saadut tulokset noudattelevat likimain muissa maissa saatuja arvoja.

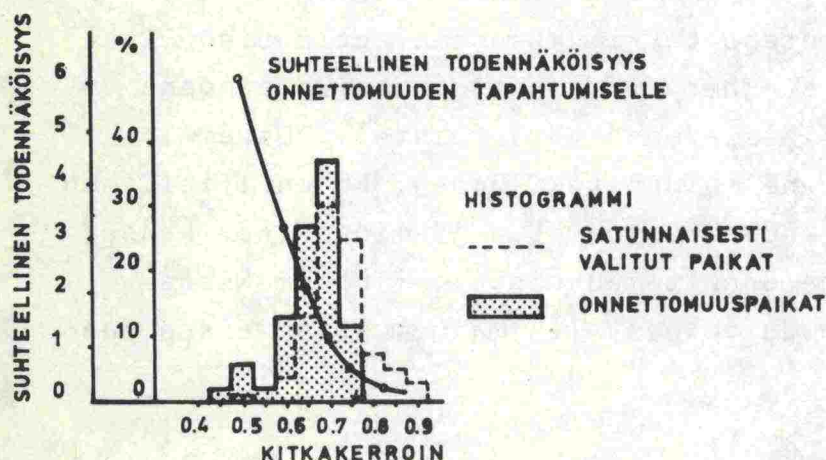
Sabey (1965)/12/ on tutkinut liukkaan kelin onnettomuuksia Englannissa:



Kun kitkakerroin oli 0.48 (märkä ajorata), ajoneuvo liukui 50 %:ssa onnettomuuksista. Kuivalla ajoradalla kitkakertoimen ollessa 0.75 oli vastaava osuus 14 %. Mikäli märän ajoradan kitkakerrointa voitaisiin nostaa kuivan ajoradan kitkakertoimen arvoon, englantilaisissa olosuhteissa onnettomuuksien määrä märällä ajoradalla vähentyisi 30 % ja kokonaismäärä 10 %.

Vivier, Lucas, Malavialle (1966) /12/ ovat Ranskassa tutkineet liukumisonnettomuuksia. Tutkimuksen kohteena oli toisaalta tienkohtia, joissa ko. onnettomuuksia oli tapahtunut, ja toisaalta satunnaisesti valittuja tienkohtia:

- kitkakerrointen keskiarvo tutkituilla onnettomuustieosilla oli hieman alhaisempi (0.65) kuin satunnaisesti valittujen tieosien kitkakerrointen keskiarvo, joka edusti koko tarkastellun tieverkon kitkakerrointa ( $\mu = 0.70$ )
- niissä paikoissa, joissa kitkakerroin oli  $> 0.75$ , ei tapahtunut liukumisonnettomuuksia
- liukumisonnettomuusriski oli n. 2, 4 ja 6 kertaa suurempi tieosilla, joissa kitkakerroin oli vastaavasti 0.65, 0.60 ja 0.50 kuin tieosilla, joiden kitkakerroin oli 0.70.



Kuva 37

Onnettomuuksien prosenttiosuus ja onnettomuustodennäköisyys kitkakertoimen funktiona (Ranska)



Tutkimuksen tuloksena esitettiin seuraava päällysteen kitkaominaisuuksien perusteella tehty arvostelu:

Kitkakerroin (mitattu "Leroux-mittarilla)	Päällysteen arvostelu kitkaominaisuuksien perusteella
$\begin{array}{l} > 0.75 \\ 0.65 < < 0.75 \\ 0.55 < < 0.65 \\ < 0.55 \end{array}$	$\begin{array}{l} \text{Oikein hyvä} \\ \text{Hyvä} \\ \text{Hyväksyttävä} \\ \text{Huono} \end{array}$

Arvio päällysteen kitkaominaisuuksien parantaminen keskimääräisestä vaikutuksesta onnettomuuksien määrään:

Päällysteen kitkaominaisuuksien parantaminen siten, että märän tien kitkakerroin nostetaan kuivan tien kitkakerrointa vastaavaksi vähentää onnettomuuksien kokonaismäärää 10 % (Suomessa määrällä tiellä tapahtuu n. 20 % kaikista onnettomuuksista).

## 4.6 TIEVALAISTUKSEN JÄRJESTÄMINEN

National Safety Councilin (1953-55) /5/ suorittaman tutkimuksen mukaan 60 % kuolemaan johtaneista onnettomuuksista tapahtuu pimeään aikana. Ajosuoritteeseen verrattuna on kuolemaan johtaneiden onnettomuuksien luku pimeään aikana kaksinkertainen, vapailla maantiesuoksilla jopa kolminkertainen.

Christie/Moore (1958) /5/ tutkivat 64 tieosuudella Iso-Britanniassa valaistusolosuhteiden parantamisen vaikutusta:

		Osalliset			Seuraukset		
		jk	muut	yht.	kuol.	loukk.	
						vaik.	liev.
jälkeen/ennen							
valoisa aika	A/B	1.05	1.17	1.14	1.06	1.09	1.16
pimeä aika	a/b	0.57	0.90	0.80	0.54	0.73	0.84
$r=a/b:A/B$		0.55	0.77	0.70	0.50	0.67	0.73

Taulukosta nähdään, että valoisan ajan onnettomuudet ovat tutkimusajanjaksona lisääntyneet 14 %, kun taas pimeään ajan onnettomuudet ovat valaistuksen asentamisen jälkeen vähentyneet 20 %. Erityisen voimakasta on väheneminen ollut jalankulkijaonnettomuuksissa (n. 43 %).

Tanner/Harris (1955) /12/: Teille, joilla ei ollut tievalaistusta tai joiden tievalaistus oli heikko, asennettiin englantilaisten suositusten mukainen valaistus (keskivalovoimakkuus 10-15 lux)

-	henkilövahinko-onnettomuudet vähenivät	30 %
-	jalankulkijaonnettomuudet vähenivät	45 %
-	muut henkilövahinko-onnettomuudet vähenivät	23 %
-	kuolemaan joht. onnettomuudet vähenivät	50 %
-	vaikeat henkilövah.onnettomuudet vähenivät	33 %
-	lievät henkilövah.onnettomuudet vähenivät	27 %

Luvut tarkoittavat pimeään ajan onnettomuuksia. Huomiota ei ole kiinnitetty onnettomuuksiin, jotka ovat aiheutuneet ajoista lyhtypylväisiin.



Bovell (1958) /7/ on koonnut tietoja valaistuksen asentamisesta tai parantamisesta eri kohteissa. Tuloksia:

Paikka	Laajuus	Onnettomuuksien vähentyminen	Onnettomuustyyppi
Lontoo	8 katua	35 %	Kaikki tyypit
Trenton N.J.USA	33 liittymää	34,5 % 52,5 %	Kaikki liit. Jk-onnettom.
Indianapolis	1,6 km tie	36 %	Kaikki tyypit
Hartford Conn. USA	koko katuverkko	30,6 % 69,2 %	Kaikki tyypit Jk-onnettom.
USA	Joukko eril. stand.tieosia	88 %	Kuolem. joht. onnettom.
Ranska	Autoroute de l'Ouest de Paris	26 %	Kaikki onnett.

Kaikki onnettomuudet ovat vähentyneet 30...36 % ja jalan-  
kulkuonnettomuudet 52...70 %.

Tannerin (1958) /7/ 64 paikassa Englannissa suorittama tutkimus osoitti, että onnettomuudet vähenivät 30 %, jalan-  
kulkuonnettomuudet vähenivät 55 % ja muut onnettomuudet 23 %.

Väg- och fordonskommittén i IVA:s transportforskningskommission (1964) /7/ on suorittanut ennen-jälkeen tutkimuksen 10:ssä kaupungissa, joissa valaistus on toteutettu suorittamatta muita toimenpiteitä. Pimeään ajan onnettomuudet vähenivät kokonaisuudessaan 25 % ja henkilövahinkoonnettomuudet lähes 50 %.

Samansuuntaisia tutkimustuloksia ovat saaneet myös RRL (1955) (kadut) ja Ives (1962) (moottoritiet).

Heck/Parker (1964) /12/: Kuolemaan johtaneita onnettomuuksia/milj.ajon.km, suhde yöllä/päivällä

2,4 : 1 maaseututeilla

3,5 : 1 kaduilla



HRB /16/ on tutkinut tievalaistuksen vaikutusta liikenneturvallisuu-  
 valliuteen useissa kohteissa ennen-jälkeen tutkimuksilla.  
 Tutkimuksissa todettiin pimeään ajan onnettomuuksien vähen-  
 tyneen kaikissa tapauksissa 31...38 %. Tutkituilla teillä oli  
 nopeusrajoitus 35...40 mailia/h.

Hakkert /12/ Tievalaistuksen asentamisen jälkeen onnetto-  
 muudet vähenivät yöaikana 30 % ja koko vuorokauden onnetto-  
 muudet 6 %.

TVH:ssa /33/ tutkittiin ennen-jälkeen menetelmällä 100:ssa  
 kohteessa tievalaistuksen vaikutusta liikenneturvallisuu-  
 teen. Tutkimuksessa todettiin, ettei saadun aineiston perusteella  
 voitu tievalaistuksen katsoa vähentäneen liikenneonnettomuuk-  
 sia. Tutkimusaineisto oli niin pieni, ettei tilastollisia  
 testauksia voitu tehdä.

Arvio tievalaistuksen asentamisen keskimääräisestä vaiku-  
 tuksesta onnettomuuksien määrään:

	Onnettomuuksien väheneminen	
	pimeässä	kaikkina vuorokau- denaikoina yht.
Kaikki onnettomuudet	30 % (20...38%)	10 %
Kuolemaan joht. onn.	50 %	15 %
Henkilövah.	40 % (30...50%)	15 %

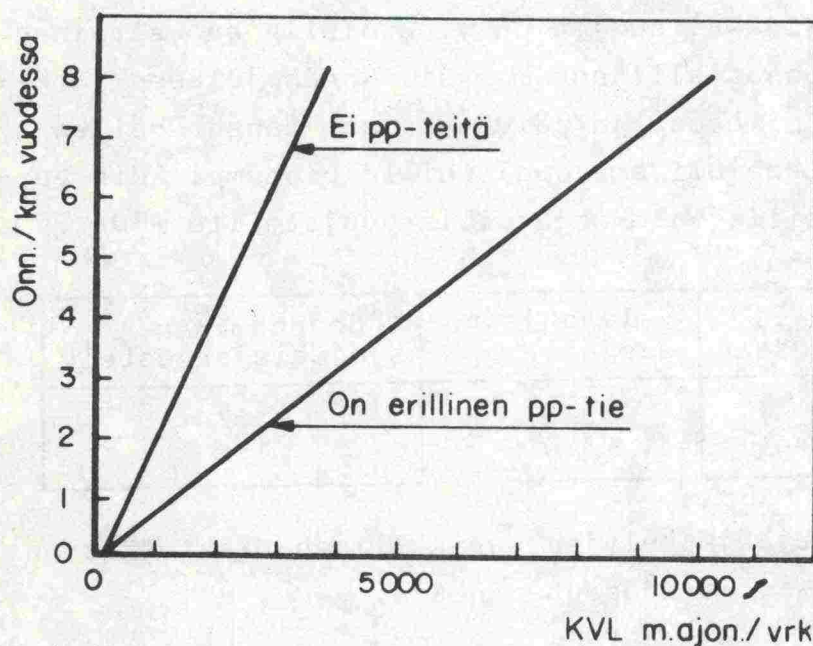


## 4.7

## KEVYEN LIIKENTEEN TURVALLISUUDEN PARANTAMISTOIMENPITEET

Van Gils (1956) /5/ on tutkinut kaksi- ja neliajokaistais-  
ten teiden onnettomuustiheyttä Alankomaissa pyöräliiken-  
teen kulkiessa ajoradalla tai erillisellä pyörätiellä.

Esim. 2-ajokaistaisella tiellä, jolla vrk-liikenne on  
5000 ajon/vrk ja pyöräliikenne käyttää ajorataan tapah-  
tui n. 100 onn./v 10 km kohden. Vastaavanlaisella tiel-  
lä, josta pyöräliikenne oli erotettu muusta liikenteestä,  
tapahtui n. 40 onn./v 10 km kohden.



Kuva 38

Onnettomuuksien lukumäärän riippuvuus liikennemäärästä kaksi-  
ajokaistaisella tiellä (Englanti)

Bitzl (1960) /7/ on tutkinut "onnettomuusastetta" saksa-  
laisilla teillä. "Onnettomuusaste"  $U$  on määritelty seu-  
raavasti:

$$U = U_1 \times U_2 \times U_3$$

$U_1$ ,  $U_2$  ja  $U_3$  ovat kertoimia, jotka ilmoittavat onnettomuus-  
asteen eron tietyn tyyppisen tien ja moottoritieluokkaisen  
tien (4 ajokaistaa, pientareet ja välikaista sekä ajoradan  
leveys vähint. 6,5 m) välillä. Kerroin  $U_2$  riippuu mopedi-,  
pyörä- ja jalankulktiejärjestelyistä ja on saanut seuraa-  
vat arvot:



Mopediliikennettä ajoradalla	1.6
Mopedi- ja pp-liikenn. "	2.2
Mopedi-, pp- ja jk-liikenn. ajoradalla	2.8
Mopediliikenne ajoradan vieressä	1.3
Mopedi- ja pp-liikenne ajoradan vieressä	1.6
Mopedi-, pp- ja jk-liikenn. " "	1.9

Esim. erottamalla kevyt liikenne omille väylille, vähenevät jalankulkuonnettomuudet tämän lähteen mukaan 90 %:lla.

Ns. "Kööpenhaminan suojatiejärjestely" käsittää valaistun suojatien, jossa lisäksi suojatien yläpuolella on keltainen vilkkuvalo sekä suojatieliikennemerkki. Ennen-jälkeen-tutkimus osoitti, että pimeässä ja päivänvalossa tapahtuneiden onnettomuuksien suhde oli em. suojateillä pienempi kuin vertailukohteina olleilla valo-ohjatuilla suojateillä /10/:

Riskisuhde Pimeässä/päivänvalossa	Valo-ohjattu suojetie	Kööpenhaminan suojetiejärjestely
Kaikki tapaukset	3.5	1.7
Kuivan sään tapaukset	3.0	1.1

Erilaisten suojatiejärjestelyjen suhteellinen riski lähteen /10/ mukaan Lontoossa ja Kööpenhaminassa.

	Suhteellinen onnettomuusriski jalankulkijoille	
	Lontoo	Kööpenhamina
Valo-ohjattu suojatie		
- suojatiellä	0.4	0.2
- <45 m suojatiestä	2.7	2.7
"Seepra"-suojetie		
- suojatiellä	0.9	0.9
- <45 m suojatiestä	1.9	2.0
Muulla tieosalla	1.0	1.0



Bitzl (1964) /5/ tutki kahta 2-ajokaistaista tieosuutta, joista toisella oli erillinen pyörätie ja toiselta pyörätie puuttui. Tulokset on esitetty seuraavassa taulukossa.

Erill. pp-tie	Tieosan pit.	KVL	Mopedi- ja pp-onn. vuotta ja 10 tie-km kohti
	km		
on	13	5800	1.4
ei	21	6600	3.2

Mopedi- ja pp-onnettomuuksien määrä on kaksinkertainen tiellä, jolla ei ole erillistä pp-tietä verrattuna sellaisiin teihin, joilla on erilliset mopedi- ja polkupyörätiet.

Ko. onnettomuuksien määrä kaikista onnettomuuksista oli keskimäärin 12.3 %.

Saksalaisissa tutkimuksissa on todettu, että sellaisilla teillä, joilla on myös jk- ja pp-liikennettä, tapahtuu 2,8-kertainen määrä onnettomuuksia verrattuna teihin, joilla jk- ja pp-liikenne on kielletty.

Hakkert /13/: Jalankulku-liikennettä ohjaava kaide ja hyvä suojatiemaalaus vähentävät 25 % jalkakulkijaonnettomuuksista.

OECD:n /25/ mukaan on kevyen liikenteen turvallisuutta voitu parantaa seuraavasti:

Kevyen liikenteen onnettomuuksien vähentyminen

Suojatien tehokas merkitseminen	-50 %
Jalankulkuvalot suojatielle (suojatien etäisyys liittymästä > 50 m)	-83 %
Tien yksisuuntaistaminen	-20 %
Jalkakäytävien rakentaminen	-36 %

Arvio kevyen liikenteen järjestelyjen keskimääräisestä vaikutuksesta onnettomuuksien määrään:

Edellä esitettyjen tutkimustulosten perusteella voidaan kevyen liikenteen onnettomuuksien arvioida vähenevän eri toimenpiteillä seuraavasti:

-	kevyen liikenteen erillisten väylien rakentaminen ja eri liikennemuotojen risteäminen eri tasossa	- 80 %
-	jalkakäytävien rakentaminen	- 25 %
-	liikennevalot	- 80 %
-	kevyttä liikennettä suojaavan kaitteen rakentaminen	- 25 %
-	tien yksisuuntaistaminen	- 20 %
-	suojatien tehokas merkitseminen	- 50 %

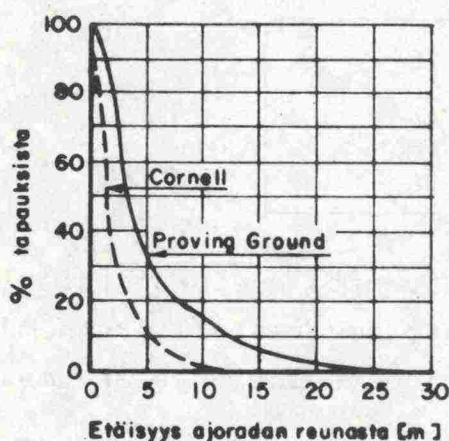


## 4.8 MUIDEN TOIMENPITEIDEN VAIKUTUKSIA LIIKENNEONNETTOMUUKSIEN MÄÄRÄÄN

### 4.8.1 Sivuesteiden poistaminen

Virginiassa USA:ssa tehdyssä tutkimuksessa havaittiin, että 25 % onnettomuuksista oli kiinteään esteen törmäämisiä. Tämän vuoksi poistettiin kaikki puut 4.5 m etäisyydellä ajoradasta. Ennen/jälkeen-tarkastelu osoitti, että puihin törmäämiset vähenivät 28:stä 17:ään ja henkilövahinkojen määrä 37:stä 12:een, kun taas muut onnettomuustyytit pysyivät ennallaan. Onnettomuuksien määrän väheneminen oli merkitsevä /7/.

US Bureau of Public Roads (1963) /12/ on tutkinut, kuinka etäälle tiestä tieltä suistuneet autot pysähtyvät. Tulokset on esitetty kuvassa (General Motorsin proving ground ja Cornellin Yliopisto):



Kuva 39

Tieltä suistuneiden ajoneuvojen pysähtymisetäisyys ajoradan reunasta (USA) /12/.

General Motors (1961) /12/ on tutkinut, kuinka tien luisakat ja ojat tulisi muotoilla, jotta onnettomuuksien vakavuusaste voitaisiin minimoida tieltäsuistumistapauksissa.

Sivuesteiden poistamisen vaikutusta onnettomuuksien määrään on vaikea arvioida em. tutkimusten perusteella. (Suistumisonnettomuuksia ja esteeseenajo-onnettomuuksia on Suomessa kaikista onnettomuuksista noin neljäsosa).

#### 4.8.2 Tienvarsilaitteiden ja mainostaulujen poistaminen tien varsilta

Mc Monagle (1952) / 7/ on tutkinut onnettomuusasteen ja tienvarsilaitteiden esiintymistiheyden riippuvuutta toisistaan (US 24 ja M 58 pituus yht. 110 km) Michiganissa USA:ssa.

Tienvarsilaitteita kpl/300 m	Onn./milj.ajon.km
0	2.35
0.1 - 3.9	5.65
≥ 4.0	8.40

Raff (1953) / 7/ on tehnyt vastaavanlaisen tutkimuksen 2-ajokaistaisilla teillä USA:ssa. Vaikutus ei ole niin huomattava kuin em. tutkimuksessa:

Tienvarsilaitteita kpl/km	Onn./milj.ajon.km
0-0.5	1.10
0.6-3.0	1.10
3.1-6.6	1.80
6.7-12.4	1.80
12.5-32.0	1.95

Staffeld (1953) / 7/ on havainnut, että 2-ajokaistaisilla teillä Minnesotassa USA:ssa onnettomuusaste/liikennemääräjakauma ja onnettomuusaste/mainostaulutiheysjakauma olivat samanmuotoiset.

Staffeld tutki myös mainosjärjestelyjen vaikutusta onnettomuusasteeseen 2-ajokaistaisten maanteiden liittymissä Minnesotassa. Tulokset:

Mainoskylttien lukumäärä 60 m etäisyydellä liittymästä	3-haaraliittymä		4-haaraliittymä	
	Luku- määrä	Onn./ 10 <sup>7</sup> ajon.	Luku- määrä	Onn./ 10 <sup>7</sup> ajon.
0	146	1.5	103	3.1
1-3	155	2.0	111	3.2
≥ 4	42	4.4	36	9.1



Sekä 3-haaraliittymissä että 4-haaraliittymissä onnettomuusaste on korkea, mikäli liittymän läheisyydessä on paljon mainoksia.

Arvioita mainostaulujen poistamisen vaikutuksesta onnettomuuksien määrään on edellä olevan tutkimusaineiston vähäisyyden vuoksi vaikea tehdä.

#### 4.8.3 Tärinävaikutuksen aikaansaaminen päällysteen karkeuttamisella (ns. täristimet)

Kermitt/Hein (1962) /7/ on tutkinut täristimien toteutumisen vaikutusta 4:ssä eri paikassa Kaliforniassa. Täristimet käsittävät sarjan 7,6 m leveitä poikittaisia karkeasta päällysteestä tehtyjä raitoja, jotka on sijoitettu liittymän eteen 15...30 m välein. Karkea pinta muodostuu 3/4...1 tuuman kivistä, jotka on kiinnitetty päällysteeseen bitumisi-dosaineella. Onnettomuuksien määrän tarkastelu osoitti, että vuosittainen onnettomuusmäärä vähentyi vähintään puoleen kaikissa 4 paikassa. Myös onnettomuuksien vakavuusaste aleni.

Täristimien vaikutusta onnettomuuksien määrään Suomen olosuhteissa on eo. aineiston perusteella vaikea arvioida (esim. talviolosuhteiden vaikutus).

#### 4.8.4 Ohikulkutien rakentaminen maaseututaajamaan

Merilinnan /22/ mukaan on ohikulkutien rakentaminen maaseututaajamaan vähentänyt onnettomuuksia 30...50 %.

#### 4.8.5 Rautateiden tasoristeysten liikenneturvallisuuden parantaminen

Korhosen /19/ mukaan vaikuttavat rautateiden tasoristeyksissä eri toimenpiteet siten, että asennettaessa pakollista

pysähtymistä osoittava liikennemerkki risteysmerkillä varustetulle tasoristeykselle pienenee onnettomuusvaara 60...80 %:iin. Jos vastaavasti asennetaan valo- ja äänimerkilaitos, alenee onnettomuusvaara 30...60 %:iin ja automaattisen puomin vaikutuksesta alenee onnettomuusvaara 10...20 %:iin.

Kahden tai useamman raiteen tasoristeys on oleellisesti vaarallisempi kuin yhden raiteen tasoristeys. Erään amerikkalaisen tutkimuksen mukaan kahden raiteen tasoristeys on 50 % vaarallisempi kuin yhden raiteen tasoristeys vastaavissa olosuhteissa.



5. LIIKENNETURVALLISUUDEN PARANTAMISTOIMENPITEIDEN  
KUSTANNUKSET JA MUUT VAIKUTUKSET

5.0 YLEISTÄ

Kun tehdään liikenneturvallisuuden parantamissuunnitelmia joko koko valtakuntaa, yhtä piiriä tai yhtä määrättyä kohdetta koskien, joudutaan arvioimaan kysymykseen tulevien toimenpiteiden vaatimat investoinnit. Samoin joudutaan liikenneturvallisuuden parantamistoimenpiteille laskemaan kustannuksia liikenneturvallisuuden toiminnansuunnitelmia laadittaessa.

Kun kysymyksessä on yhden määrätyn kohteen liikenneturvallisuuden parantamissuunnitelman laatiminen, voidaan vaihtoehtoisten parantamistoimenpiteiden vaatimat kustannukset usein arvioida tehdyistä alustavista suunnitelmista. Sitä vastoin koko maata käsittäviä liikenneturvallisuuden parantamissuunnitelmien kustannusarvioita laadittaessa voidaan yleensä käyttää keskimääräisiä kustannuksia. Kun niitä käytetään tietyn kohteen kustannusarviota laadittaessa, täytyy kustannustaso tarkistaa paikallisia olosuhteita vastaavaksi. Paikallisista olosuhteista voivat huomattavia kustannuseroja aiheuttaa mm. perustamisolosuhteet, lunastuskustannukset, rakennusaineksien saanti ja rakentamisajan kohta.

Jäljempänä esitettävät kustannukset on laskettu huhtikuun 1974 kustannustason perusteella. Koska tien rakentamiskustannusten kehitys on nykyään suhteellisen nopeaa, tulee esitettyjä kustannuksia käytettäessä ottaa huomioon rakentamiskustannusten yleinen nousu.

Tämän työn yhteydessä ei ole voitu esittää kaikkien liikenneturvallisuuden parantamistoimenpiteiden vaatimia



kustannuksia. Osaksi tähän on ollut syynä riittävien perustietojen puuttuminen. Tällaiset kohdat voidaan myöhemmin täydentää perustietojen karttumisen myötä. Osa toimenpiteistä on sellaisia, ettei niistä voida yleisesti käytettäväksi kelpaavia kustannuksia esittääkään, sillä ne riippuvat täysin paikallisista olosuhteista. Osa parantamistoimenpiteistä on lisäksi sellaisia, ettei niistä aiheudu käytännöllisesti katsoen lainkaan investointikustannuksia. Esimerkkinä tällaisista toimenpiteistä voidaan mainita liittymän kohdan valaiseminen muusta tievalaistuksesta poikkeavalla tavalla ~~sellaista~~ tiellä, jolla on olemassa tievalaistus.

Jäljempänä on esitetty erikseen liikenneturvallisuuden parantamistoimenpiteiden toteuttamisen vaatima investointi sekä toimenpiteestä aiheutuva kunnossapitokustannusten muutos 10 vuoden aikana. Kunnossapitokustannuksia ei ole diskontattu toimenpiteen toteuttamisvuoteen, vaan ne ovat ko. ajanjakson yhteenlasketut kustannukset. Ajanjaksona on tarkastelussa käytetty 10 vuotta siksi, että tällöin voidaan ottaa huomioon pitemmin aikavälein toistuvat kunnossapitokustannukset, kuten esim. liikennemerkkien kilpien tai päällysteen uusiminen. Kunnossapitokustannuksiin on laskettu myös käyttökustannukset, kuten esim. tievalaistuksen sähkönkulutus.

Liikenneturvallisuuden parantamistoimenpiteillä saattaa olla muitakin vaikutuksia kuin kustannukset. Tällaiset vaikutukset on arvioitava kussakin tapauksessa erikseen. Esimerkkinä tällaisista vaikutuksista voidaan mainita mm. seuraavat: nopeusrajoitus lisää ajokustannuksia, kaarteiden oikaisu voi aiheuttaa asutuksen pirstoutumista, tievalaistus lisää tienkäyttäjien turvallisuudentunnetta jne.



5.1 ERILAISTEN TIENKOHTIEN LIIKENNETURVALLISUUDEN PARANTAMIS-  
TOIMENPITEIDEN KUSTANNUKSET (Kustannustaso huhtikuu 1974)

5.1.1 Suorat tieosat

	Investointi	Kunnossapito- kustannusten lisäys 10 v:ssä
5.1.11 Etäisyyksien arviointia helpottavat toimenpiteet		
- istutukset (molemmiin puolin 50 m:n välein puu tai pensas, 60 mk/kpl)	2500 mk/km	-
- reunapaalut (50 m:n välein, 35 mk/ kpl, pesu 2 kertaa/v, osittain uusittava)	1500 mk/km	2500 mk
- muut kiinnekohdat		
5.1.12 Liittymätiheyden muuttaminen		
- liittymien poistaminen (sivuojan avaaminen ja puomin pystytys)	1000 mk/kpl	-
- yksityistiejärjestelyt (yleispiir- teinen arvio päätien kilometriä kohti)	75000 mk/km	
5.1.13 Kuljettajan väsymyksen estämiseen täh- tävät toimenpiteet		
- tien suuntauksen muuttaminen. Edel- lyttää uuden tien rakentamista, jo- ka maksaa tien luokasta riippuen		
- 10/7 Kp	700 000 mk/km	-
- 8/7 Kp	550 000 mk/km	-
- 7/6 Kp	450 000 mk/km	-
- 5,5 Ös	250 000 mk/km	-
- levähdysalueiden rakentaminen	110 000 mk/kpl	15 000 mk
- pysäköimisalueiden rakentaminen	85 000 mk/kpl	5 000 mk
5.1.14 Tien ympäristön pehmentäminen		
- luiskien loiventaminen ja pyöris- täminen (tien yksi puoli, leikkaus 5 mk/m <sup>3</sup> , pyöristäminen 5 mk/jm):		

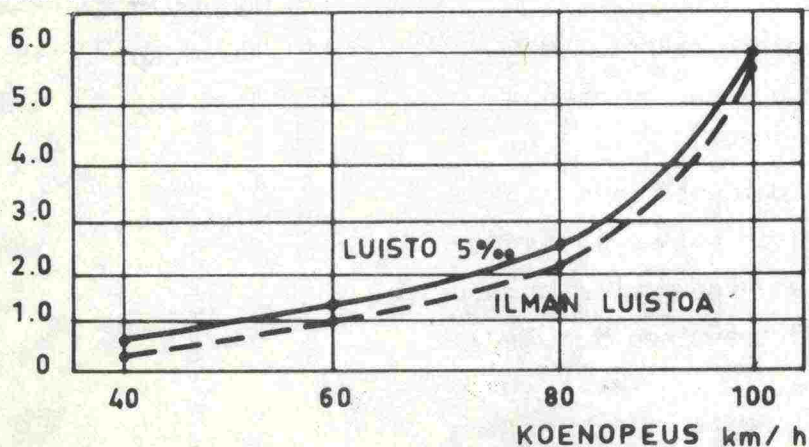
	Investointi	Kunnossapito- kustannusten lisäys 10 v:ssa
- pengerkorkeus 3 m	37 500 mk/km	-
- " 5 "	92 500 mk/km	-
- kalliroleikkausten avarataminen (tien yksi puoli, leikkaus $25 \text{ mk/m}^3$ , vastaluiska 1:2 8 m:n etäisyyteen ajoradan reunasta, siitä lähtien 7:1, suoja-aita $40 \text{ mk/jm}$ ):		
- leikkaussyvyys 3 m	300 mk/jm	-
- " 4 "	420 mk/jm	-
- " 6 "	640 mk/jm	-
- puuston raivaus (3 m:n kaistale tien molemmin puolin $1 \text{ mk/m}^2$ )	6 000 mk/km	-
- sivuojarummun siirtäminen yksityisen tien liittymässä kauemmaksi pää- tiestä		
- kaiteen pään upottaminen	600 mk	-
- muiden sivuesteiden poistaminen		

#### 5.1.15 Liikenteenohjaustoimenpiteet

- nopeusrajoitus (kilpien vaihto ker- ran, kilpien puhdistus)	700 mk	500 mk 1)
- ohituskielto	700 mk	500 mk

1) Päällysteen kulumisen hidastuu nopeusrajoituksen vaikutuksesta seuraavasti /20/:

**KULUMINEN  $\text{g}/10^4$   
NASTANISKUA**





## Investointi

Kunnossapito-  
kustannusten  
lisäys 10 v:ssa

- sulkuviivan merkitseminen (molemmat  
ajosuunnat, merkitään uudestaan  
kerran vuodessa)

- 30 000 mk/km

5.1.2 Kaarteet

## 5.1.21 Suuntauksen parantaminen

- kaarresäteen loiventaminen, jyrkkien  
kaarteiden poistaminen,  
yksittäisen pienisäteen kaarteiden  
poistaminen ja pituuskaltevuuden  
loiventaminen edellyttävät uuden  
tien rakentamista. Ks. kohta 5.1.13

- näkemien parantaminen:

- puuston raivaus sisäkaarteiden  
puolelta

6 000 mk/km

- maa- tai kalliioleikkauksen

80 000 mk/km (maa)

-

- avartaminen sisäkaarteiden puolelta

250 000 mk/km (kallio)

-

- sivukaltevuuden muuttaminen kesto-  
päällysteisellä tiellä (tasausmassa  
ja päällyste)

150 000 mk/km

-

- optisen ohjauksen parantaminen:

- ajoratamerkinnot

-

40 000 mk/km

- reunapaalut

1 500 mk/km

2 000 mk/km

- istutukset

6 000 mk/km

-

- taustamerkki

700 mk

500 mk

- ajosuuntien erottaminen saarekkeella  
ja ajoradan leventäminen (saareke  
1,5 m, tie levenee 2,5 m, tievalais-  
tus)

300 mk/m

50 000 mk/km

- ajoradan leventäminen kaarteiden koh-  
dalla (levennys 6,0 m → 7,5 m,  
70 mk/m<sup>2</sup>, päällysteen uusiminen 5  
vuoden kuluttua)

105 mk/m

15 000 mk/km

	Investointi	Kunnossapito- kustannusten lisäys 10 v:ssa
5.1.22 Liikenteenohjaustoimenpiteet		
- nopeusrajoitus	700 mk	500 mk 1)
- enimmäisnopeussuositus	700 mk	500 mk
- kaartein varoitusmerkki	700 mk	500 mk
- ajoratamerkintöjen merkitsemisen te- hostaminen (merkitään 2 kertaa vuodessa) -		40 000 mk
- pysähtymis- tai pysäköintikielto	600 mk	500 mk
5.1.23 Tien ympäristön pehmentäminen Ks. kohta 5.1.14		
5.1.24 Muita toimenpiteitä		
- tievalaistus:		
- 1-rivinen, puupylväät, ilma- kaapeli	35 000 mk/km	50 000 mk
- 1-rivinen, teräspylväät, maa- kaapeli	120 000 mk/km	50 000 mk
- 2-rivinen, teräspylväät, maa- kaapeli	300 000 mk/km	116 000 mk
(käyttö: 4000 h/v, 16 p/kWh, lamput 250 W ja 400 W)		
- kaiteiden rakentaminen tai paran- taminen	65 mk/m	-
- kaiteen pään upottaminen	600 mk	-
- häikäisysoijat		
5.1.3 <u>Tasausviivan kuperat taitteet</u>		
5.1.31 Suuntauksen parantaminen		
- pyöristyskaaren säteen suurentaminen, suurten pituuskaltevuuksien poista- minen tai tielinjan pienisänteisen kaartein poistaminen edellyttävät uuden tien rakentamista. Ks. kohta 5.1.13		



	Investointi	Kunnossapito- kustannusten lisäys 10 v:ssä
5.1.32 Liikenteenohjaustoimenpiteet		
- nopeusrajoitus	700 mk	500 mk 1)
- enimmäisnopeussuositus	700 mk	500 mk
- sulkuviivan merkitseminen	-	30 000 mk
- ohituskielto	700 mk	500 mk
5.1.33 Tien poikkileikkauksen leventäminen		
- ajoradan paikallinen leventäminen	105 mk/m	15 000 mk/km
- pientareiden paikallinen leventäminen	130 mk/m	17 000 mk/km
- ajosuuntien erottaminen saarekkeilla ja ajoradan leventäminen	300 mk/m	50 000 mk/km
5.1.4 <u>Jyrkästi pituuskaltevat tienkohdat</u>		
5.1.41 Suuntauksen parantaminen		
- pituuskaltevuuden loiventaminen		
Ks. kohta 5.1.31		
5.1.42 Liikenteenohjaustoimenpiteet		
- varoitusmerkin asettaminen	700 mk	500 mk
- ohituskielto	700 mk	500 mk
- sulkuviivan merkitseminen	-	30 000 mk
5.1.43 Tien poikkileikkauksen leventäminen		
- nousukaistan rakentaminen (leveys 3,5 m, pituus 800 m)	200 000 mk	42 000 mk
- ajosuuntien erottaminen saarek- keilla ja ajoradan leventäminen)	300 mk/m	50 000 mk

---

1) Ks. sivu 108

	Investointi	Kunnossapito- kustannusten lisäys 10 v:ssä
5.1.5 <u>Kapeat tienkohdat</u>		
5.1.51 Tien poikkileikkauksen leventäminen		
- ajoradan paikallinen leventäminen	105 mk/m	15 000 mk/km
- pientareiden paikallinen leventäminen	130 mk/m	17 000 mk/km
5.1.52 Liikenteenohjaustoimenpiteet		
- nopeusrajoitus	700 mk	500 mk 1)
- enimmäisnopeussuositus	700 mk	500 mk
- varoitusmerkki (kapeneva tie)	700 mk	500 mk
- ohituskielto	700 mk	500 mk
- pysähtymis- tai pysäköintikielto	600 mk	500 mk
- liikennemerkit: väistämisvelvollisuus kohdattaessa ja etuajo-oikeus kohdattaessa	600 mk	500 mk
- sulkuviiva	-	30 000 mk
- liikennevalot	15 000 mk	3 000 mk
5.1.6 <u>Liittymät</u>		
5.1.61 Liittymien lukumäärän vähentäminen		
- yksityistiejärjestelyt	75 000 mk/km	-
- liittymien poistaminen pääsuunnalta	1 000 mk/kpl	-
- liittymien muuttaminen eritasoliittymäksi:		
- pääsuunnan risteävät liikennevirrat, eritasossa (yksi ramppi, silta 5,00 m <sup>2</sup> , uutta tietä 0,8 km)	1 300 000 mk	15 000 mk
- täydellinen eritasoliittymä (neljä ramppia)	1 650 000 mk	50 000 mk

1) Ks. sivu 108



	Investointi	Kunnossapito- kustannusten lisäys 10 v:ssä
- maatalousliittymien korvaaminen alikulkukäytävillä (4 m x 15 m x 1900 mk/m <sup>2</sup> , aaltolevyalikulkukäytävä	60 000 mk	-
5.1.62 Liittymän siirtäminen edullisempaan paikkaan		
- kaikissa tähän ryhmään liittyvissä toimenpiteissä joudutaan rakentamaan liittyvän suunnan tie uuteen paikkaan. Ks. kohta 5.1.13		
5.1.63 Suuntauksen parantaminen		
- liittymäkulman muuttaminen (uutta tietä rakennettava 200 m)	90 000 mk	-
- liittyvän tien pituuskaltevuuden muuttaminen (uutta tietä rakennettava 200 m)	90 000 mk	-
- sivukaltevuuden muuttaminen	150 000 mk/km	-
- näkemäesteiden raivaaminen näkemäalueelta	1,50 mk/m <sup>2</sup>	-
- näkemäleikkaus (arvio 500 m <sup>3</sup> , 8 mk/m <sup>3</sup> )	4 000 mk	-
- etuajo-oikeussuhteen osoittaminen teiden suuntauksella	-	-
5.1.64 Liikenteenohjaustoimenpiteet		
<u>Liikennemerkit</u>		
- nopeusrajoitus	700 mk	500 mk 1)
- enimmäisnopeussuositus	700 mk	500 mk
- etuajo-oikeussuhteen osoittaminen liikennemerkeillä:		
- pakollinen pysähtyminen (STOP-merkki)	300 mk	250 mk
- etuajo-oikeutettu risteys (kärkikolmio)	300 mk	250 mk

1) Ks. sivu 108

	Investointi	Kunnossapito- kustannusten lisäys 10 v:ssa
- etuajo-oikeuden päättymismerkki	300 mk	250 mk
- ryhmittymismerkit porttaaleineen	10 000 mk	500 mk
- ajokaistaopaste	700 mk	250 mk
- etuajo-oikeuden päättymismerkki	300 mk	250 mk
- ryhmittymismerkit	10 000 mk	500 mk
- tienristeys-merkki	300 mk	250 mk
- vaarallinen risteys-merkki	700 mk	500 mk
- kääntymiskielloa tai ajokielloa osoittavat merkit	300 mk	250 mk
- liikennevalojen ennakkovaroitus- merkki	700 mk	500 mk
- ohituskiello	700 mk	500 mk
- viitoituksen parantaminen		
- liikennemerkkien sijoituksen muut- taminen:		
- merkkien näkyvyyden parantaminen		
- näkemäolosuhteiden parantaminen (siirretään näkemiä haittaava merkki parempaan paikkaan)		
- liittyvän suunnan tien jatkumat- tomuuden osoittaminen		
- ajoradan yläpuoliset opasteet porttaaleineen	13 000 mk	500 mk

#### Ajoratamerkinnät

- sulkuviiva	-	15 000 mk/km
- pysäytysviiva	-	1 000 mk/kpl
- ajokaistanuolet	-	2 000 mk
- ajokaistaviiva		15 000 mk/km
- kääntymismerkinnät		2 000 mk
- etuajo-oikeutettua risteystä tai pysähtymispakkoa osoittavan mer- kin maalaaminen ajorataan	-	1 000 mk/kpl



	Investointi	Kunnossapito- kustannusten lisäys 10 v:ssä
--	-------------	--

Liikennevalot

- liikennevalojen asentaminen	100 000 mk	15 000 mk
- liikennevalojen toiminnan muuttaminen	3 000 mk	-
- liikennevalojen rakenteellinen pa- rantaminen:		
- opastimien suurentaminen	4 000 mk	-
- taustalevyjen asentaminen	1 500 mk	-

## 5.1.65 Liittymän muodon parantaminen

- liittymähaarojen vähentäminen		
- liittyvän suunnan kanavointi (ajo- radan ja pientareiden leventäminen 400 m <sup>2</sup> , saareke, liikennemerkit)	31 000 mk	
- pääsuunnan kanavointi (ajoradan le- ventäminen 2000 m <sup>2</sup> , ajoradan ylä- puoliset opasteet, liikennemerkit ja ajoratamerkinnyt)	170 000 mk	20 000 mk
- ryhmittymiskaistojen rakentaminen:		
- vasemmalle kääntyville (liittyvä tie, uutta ajorataa 300 m <sup>2</sup> , liikennemerkit)	22 000 mk	3 000 mk
- oikealle kääntyville (pääsuunnan tie)	22 000 mk	3 000 mk
- pientareiden leventäminen (500 m:n matkalla)	65 000 mk	8 500 mk
- jyrkkien liittymäkaarteiden loiven- taminen (tien pinnan laajentaminen 80 m <sup>2</sup> :llä)	6 000 mk	700 mk

## 5.1.66 Valaistusolosuhteiden parantaminen

- tievalaistuksen asentaminen (va- laistaan vähintään 600 m, kaape- lointi ja kytkentälaitteisto)	30 000 mk	40 000 mk
- liittymän valaiseminen muusta tie- valaistuksesta poikkeavasti	-	-
- liikennemerkkien valaiseminen	300 mk/kpl	1 500 mk/kpl

		Investointi	Kunnossapito- kustannusten lisäys 10 v:ssä
5.1.67	Muita toimenpiteitä		
-	istutusten sijoittaminen siten, että ne osoittavat liittyvän tien päättymistä (kolmihaaraliittymä, pensasistutuksia 3 a, 30 000 mk/ha)	1 000 mk	-
-	tärinävaikutuksen aikaansaaminen päällysteiden karkeuttamisella (karkeu- tettua päällystettä 315 m <sup>2</sup> , 20 mk/m <sup>3</sup> )	7 000 mk	14 000 mk
5.1.7	<u>Rautateiden tasoristeykset</u>		
5.1.71	Rautateiden tasoristeysten lukumäärän vähentäminen		
-	tasoristeysten poistaminen tiejär- jestelyillä. Toimenpide edellyttää uusien teiden rakentamista. Ks. kohta 5.1.13		
-	eritasoristeyksen rakentaminen	1 000 000 mk	-
5.1.72	Turvalaitteiden asentaminen tai paran- taminen		
-	olemassa olevan valo- ja äänivaroi- tuslaitoksen täydentäminen puoli- puomilla	50 000 mk	5 000 mk
-	valo- ja äänivaroitusslaitoksen rakentaminen	80 000 mk	20 000 mk
-	puolipuumilaitoksen (myös valo- ja äänivaroitusslaitteet) rakentaminen	100 000 mk	25 000 mk
-	puolipuumilaitoksen rakentaminen (valo- ja äänivaroitusslaittein) ja kaistanjakojärjestelyt (estetään puolipuomin kiertäminen)	300 000 mk	25 000 mk



	Investointi	Kunnossapito- kustannusten lisäys 10 v:ssä
5.1.73 Suuntauksen parantaminen		
- tien pituuskaltevuuden loiventaminen		
- näkemäolosuhteiden parantaminen		
- jyrkän kaarteiden poistaminen		
5.1.74 Muita toimenpiteitä		
- tasoristeyksen valaiseminen	15 000 mk	15 000 mk
- varoitusmerkkien näkyvyyden parantaminen	2 000 mk	2 000 mk
- nopeusrajoitus	700 mk	500 mk
- pakollista pysähtymistä osoittava liikennemerkki	600 mk	500 mk
5.1.8 <u>Sillat</u>		
5.1.81 Suuntauksen parantaminen		
- näkemäolosuhteiden parantaminen:		
- sillan kaiteen rakenteen muuttaminen näkemäolosuhteiden kannalta edullisemmaksi	40 mk/m	-
- pituuskaltevuuden muuttaminen siltaan liittyvällä tieosalla. Ks. kohta 5.1.13		
- sivukaltevuuden muuttaminen	150 000 mk/km	-
- sillan ja ajoradan leveyden yhdenmukaistaminen:		
- jalkakäytävien kaventaminen		
- uuden sillan rakentaminen kevyen liikenteen silta	1 500 mk/m <sup>2</sup>	-
ajoneuvosilta, jänneväli < 25 m	1 300 mk/m <sup>2</sup>	-
" , " > 30 m	1 700 mk/m <sup>2</sup>	-

	Investointi	Kunnossapito- kustannusten lisäys 10 v:ssä
5.1.82 Liikenteenohjaustoimenpiteet		
- nopeusrajoitus	700 mk	500 mk 1)
- enimmäisnopeussuositus	700 mk	500 mk
- varoitusmerkki	700 mk	500 mk
- etuajo-oikeus kohdattaessa/väistä- misvelvollisuus kohdattaessa	600 mk	500 mk
5.1.83 Valaistusolosuhteiden parantaminen		
- tievalaistus	35 000 mk/km	50 000 mk
- sillan osoittaminen muusta tie- valaistuksesta poikkeavalla valais- tuksella	-	-
5.1.84 Kunnossapitotoimenpiteet		
- päällysteen korkeuttaminen	30 mk/m <sup>2</sup>	-
- aurauksen, suolauksen ja hiekoituk- sen tehostaminen		
5.1.85 Muita toimenpiteitä		
- kaiteiden rakenteen parantaminen (entisen kaiteen poistaminen ja uuden rakentaminen)	350 mk/m	-
5.2 ERÄIDEN TIENKÄYTTÄJÄRYHMIEN LIIKENNETURVALLISUUDEN PARANTAMIS- TOIMENPITEIDEN KUSTANNUKSET		
5.2.1 <u>Kevyt liikenne</u>		
5.2.11 Kevyen liikenteen kaistajärjestelyjen parantaminen		
- erillisten kevyen liikenteen väylien rakentaminen:		
- maaseutuolosuhteet	80 000 mk/km	25 000 mk/km
- taajama	200 000 mk/km	25 000 mk/km



	Investointi	Kunnossapito- kustannusten lisäys 10 v:ssä
- jalkakäytävien rakentaminen	120 000 mk/km	
- pientareiden leventäminen	130 000 mk/km	17 000 mk/km
- ajoradan reunaviivan merkitseminen		20 000 mk/km

#### 5.2.12 Moottoriajoneuvoliikenteen ja kevyen liikenteen risteämiskohtien parantaminen

- alikulkukäytävien rakentaminen (lev. 6 m, pit. 10 m, 1500 mk/m <sup>2</sup> , lisäksi tiejärjestelyt)	120 000 mk	-
- suojateiden merkitseminen:		
- liikennemerkkit	600 mk	500 mk
- ajoratamerkinnot	200 mk	2 000 mk
- suojateiden siirtäminen näkemien, nopeuksien yms. kannalta edullisem- paan paikkaan		
- suojaavien saarekkeiden rakentaminen (ajoradan leventäminen 330 m <sup>2</sup> , saa- reke, liikennemerkkit)	24 000 mk	3 000 mk
- näkemäolosuhteiden parantaminen:		
- moottoriajoneuvoliikenteen näkemäolosuhteiden parantaminen		
- kevyen liikenteen näkemäolosuh- teiden parantaminen		
- nopeusrajoitus	700 mk	500 mk 1)
- liikennevalojen asentaminen	15 000 mk	3 000 mk
- suojatien ennakkovaroituserkki	600 mk	500 mk
- ajoradan yläpuolisten suojatiemer- kien (valaistujen) asentaminen (puoliporttaali, liikennemerkkit, valaistus)	9 000 mk	1 000 mk
- kevyen liikenteen suojaaminen kaiteella	65 mk/m	-
- kevyttä liikennettä suojaavan kaiteen rakentaminen	65 mk/m	-

#### 5.2.13 Muita toimenpiteitä

- tievalaistus	35 000 mk/km	50 000 mk
----------------	--------------	-----------

1) Ks. sivu 108

	Investointi	Kunnossapito- kustannusten lisäys 10 v:ssa
- liikennemerkkien valaiseminen	800 mk/kpl	1 500 mk/kpl
- tärinävaikutuksen aikaansaaminen päällysten karkeuttamisella	7 000 mk	14 000 mk

5.2.2 Moottoriajoneuvoliikenteen liikenneturvallisuuden  
parantamistoimenpiteet sisältyvät muiden kohtien  
yhteydessä esitettyihin toimenpiteisiin

5.3 ERI TYYPPISTEN ONNETTOMUUKSIEN ESTÄMISTOIMENPITEIDEN  
KUSTANNUKSET

5.3.1 Suistumisonnettomuudet

5.3.11 Suuntauksen parantaminen

- kaarresäteen loiventaminen, yksit- täisen pienisäteen kaarteeseen pois- taminen. Ks. kohta 5.1.21		
- sivukaltevuuden muuttaminen	150 000 mk/km	-
- optisen ohjauksen parantaminen:		
- ajoratamerkinnät	-	40 000 mk/km
- reunapaalut	1 500 mk/km	2 000 mk/km
- istutukset	6 000 mk/km	
- taustamerkki	700 mk/kpl	

5.3.12 Liikenteenohjaustoimenpiteet

- nopeusrajoitus	700 mk	500 mk
- enimmäisnopeussuositus	700 mk	500 mk
- kaarteeseen varoitusmerkki	700 mk	500 mk
- ajoratamerkintöjen parantaminen	-	40 000 mk/km

5.3.13 Tien ympäristön pehmentäminen  
Ks. kohta 5.1.14

5.3.14 Kuljettajan väsymyksen estämiseen täh-  
tävät toimenpiteet  
Ks. kohta 5.1.13



	Investointi	Kunnossapito- kustannusten lisäys 10 v:ssa
5.3.15 Päällysteen parantaminen		
- epätasaisen päällysteen ta- soittaminen ajoradalla		
- Ab	300 mk/km	-
- Bls	600 mk/km	-
- Ös	1 500 mk/km	-
- epätasaisen päällysteen reunan tasoittaminen (kustannus sisältyy edellisen kohdan kustannuksiin)	-	-
- päällysteen karkeuttaminen	85 000 mk/km	85 000 mk/km
5.3.2 <u>Kohtaamisonnettomuudet</u>		
5.3.21 Tien poikkileikkauksen leventäminen		
- ajoradan leventäminen	105 mk/m	15 000 mk/km
- pientareiden leventäminen	130 mk/m	17 000 mk/km
- ajosuuntien erottaminen saarekkeella	300 mk/m	50 000 mk/km
- tien muuttaminen 4-ajokaistaiseksi tai kaksiajorataiseksi	700 000 mk/km	50 000 mk/km
5.3.22 Suuntauksen parantaminen		
- näkemäolosuhteiden parantaminen		
5.3.23 Liikenteenohjaustoimenpiteet		
- nopeusrajoitus	700 mk	500 mk 1)
- sulkuviivan merkitseminen	-	30 000 mk/km
- etuajo-oikeus kohdattaessa/väistä- misvelvollisuus kohdattaessa	600 mk	500 mk
5.3.3 <u>Peräänajo-onnettomuudet</u>		
5.3.31 Liikenteenohjaustoimenpiteet		
- nopeusrajoitus	700 mk	500 mk 1)
- varoitusmerkit (risteys, liikenne- valo, kuoppa tms)	600 mk	500 mk

---

1) Ks. sivu 108

	Investointi	Kunnossapito- kustannusten lisäys 10 vissa
- pysähtymis- tai pysäköimiskielto	600 mk	500 mk
- kääntymiskielto	300 mk	250 mk
5.3.32 Liittymätiheyden <del>pienentäminen</del>		
- liittymien poistaminen	1 000 mk/kpl	-
- liittymien yhdistäminen	75 000 mk/km	-
5.3.33 Päällysteen parantaminen		
- päällysteen karkeuttaminen	85 000 mk/km	85 000 mk/km
- päällystevaurioiden korjaaminen		
Ks. kohta 5.3.15		
5.3.34 Muita toimenpiteitä		
- liittymän kanavoiminen pääsuunnassa	170 000 mk	20 000 mk
- pysäköimis- ja levähdysalueiden rakentaminen		
Ks. kohta 5.1.13		
- linja-autopysäkkien rakentaminen	11 000 mk/kpl	2 000 mk
- tievalaistus	35 000 mk/km	50 000 mk
- näkemäolosuhteiden parantaminen		
5.3.4 <u>Ohitusonnettomuudet</u>		
5.3.41 Suuntauksen parantaminen		
- näkemäolosuhteiden parantaminen		
- ohituskelpoisten osuukien lisäämi- nen		
- optisesti virheellisten tienkohtien parantaminen		
5.3.42 Liikenteenohjaustoimenpiteet		
- nopeusrajoitus	700 mk	500 mk 1)
- ohituskielto	700 mk	500 mk
- varoitusmerkit (risteys tms)	600 mk	500 mk



	Investointi	Kunnossapito- kustannusten lisäys 10 v:ssä
- kääntymiskielto	600 mk	500 mk
- sulkuviivan merkitseminen	3 000 mk	30 000 mk
5.3.43 Tien poikkileikkauksen leventäminen		
- ajoradan leventäminen	105 mk/m	15 000 mk/km
- pientareiden leventäminen	130 mk/m	17 000 mk/km
- tien muuttaminen kaksiajorataiseksi		
Ks. kohta 5.3.21		
5.3.5 <u>Risteämisonnettomuudet</u>		
Risteämisonnettomuuksien estämistoimen-		
piteet sisältyvät liittymien turvalli-		
suuden parantamistoimenpiteisiin.		
Ks. kohta 5.1.6		
5.3.6 <u>Esteeseenajo-onnettomuudet</u>		
5.3.61 Näkemien parantaminen		
- tien varsien raivaus. Ks. kohta		
5.1.14		
- näkemäleikkaukset. Ks. kohta 5.1.21		
5.3.62 Kunnossapidon tehostaminen		
- päällystevaurioiden korjaaminen		
Ks. kohta 5.3.15		
- liukkauden torjunta		
5.3.63 Muita toimenpiteitä		
- tievalaistus	35 000 mk/km	50 000 mk/km
- varoitusmerkit	700 mk	500 mk
5.3.7 <u>Eläinten päälleajo-onnettomuudet</u>		
5.3.71 Estetään eläimiltä pääsy tielle		

		Investointi	Kunnossapito- kustannusten lisäys 10 v:ssa
-	riista-aitojen rakentaminen	30 000 mk/km	-
-	karjatunnelit	80 000 mk	-
5.3.72	Varoitusmerkit		
-	"Hirvi", "Poro"	700 mk	500 mk
5.3.73	Muita toimenpiteitä		
-	nopeusrajoitus	700 mk	500 mk
-	hirvipeilit	2 000 mk/km	-
-	peloituslaitteet		
5.4	EPÄEDULLISISSA OLOSUhteISSA TAPAHTUVIEN ONNETTOMUUKSIEN ESTÄMISTOIMENPITEIDEN KUSTANNUKSET		
5.4.1	<u>Pimeässä tapahtuvat onnettomuudet</u>		
5.4.11	Valaistusolosuhteiden parantaminen		
-	tievalaistus Ks. kohta 5.1.24		
-	liittymien, siltojen yms. tien- kohtien valaiseminen muusta tie- valaistuksesta poikkeavalla ta- valla	-	-
-	liikennemerkkien valaiseminen	300 mk/kpl	1 500 mk/kpl
5.4.12	Liikenteenohjaustoimenpiteet		
-	ajoratamerkinnt	-	40 000 mk/km
-	heijastusominaisuuksiltaan entistä parempien liikennemerkkien ja ajo- ratamerkintöjen tekeminen		
5.4.13	Muita toimenpiteitä		
-	tien päällysteen heijastusominais- uuksien parantaminen		



## Investointi

Kunnossapito-  
kustannusten  
lisäys 10 v:ssa5.4.2 Sumussa tapahtuvat onnettomuudet

## 5.4.21 Liikenteenohjaustoimenpiteet

- sumuisten tienkohtien osoittaminen liikennemerkeillä	700 mk	1 000 mk
- nopeusrajoitus	700 mk	500 mk 1)
- reunapaalut	1 500 mk/km	2 500 mk
- sähköiset ilmaisimet		

## 5.4.22 Kunnossapitotoimenpiteet

- päällysteen karkeuttaminen sumuisilla tieosilla	85 000 mk/km	85 000 mk/km
- liukkauden torjunnan tehostaminen talvella sumuisilla tieosilla		

5.4.3 Märällä tiellä tapahtuvat onnettomuudet5.4.31 Kunnossapitotoimenpiteet

- päällysteen karkeuttaminen	85 000 mk/km	85 000 mk/km
- vesiliirtoa aiheuttavien päällusteen painumien korjaaminen, ks. kohta 5.3.15		

## 5.4.32 Liikenteenohjaustoimenpiteet

- sateella liukkaiden tienkohtien osoittaminen varoitusmerkeillä	700 mk	500 mk
- enimmäisnopeussuositus sateella	700 mk	500 mk

## 5.4.33 Muita toimenpiteitä

- sivukaltevuuksien muuttaminen veden poisjohtamiseksi tieltä	150 000 mk/km	-
---	---------------	---

5.4.4 Lumisella tai jäisellä tiellä tapahtuvat onnettomuudet

## 5.4.41 Kunnossapidon tehostaminen

- suolaus	-	7 000 mk/km
-----------	---	-------------

	Investointi	Kunnossapito- kustannusten lisäys 10 v:ssä
- auras	-	5 000 mk/km
- hiekoitus	-	6 500 mk/km

## 5.4.42 Liikenteenohjaustoimenpiteet

- varoitusmerkit	700 mk	500 mk 1)
- nopeusrajoitus	700 mk	500 mk

5.5 ERÄIDEN AJOTAVASTA JOHTUVIEN ONNETTOMUUKSIEN  
ETÄMISTOIMENPITEIDEN KUSTANNUKSET5.5.1 Suurilla nopeuksilla tapahtuvat onnettomuudet

## 5.5.11 Liikenteenohjaustoimenpiteet

- nopeusrajoitus	700 mk	500 mk 1)
- enimmäisnopeussuositus	700 mk	500 mk
- varoitusmerkit	700 mk	500 mk

5.5.12 Tien ympäristön pehmentäminen  
Ks. kohta 5.1.14

## 5.5.13 Suuntauksen parantaminen

- näkemien parantaminen		
- optisen ohjauksen parantaminen:		
- ajoratamerkinnot	-	40 000 mk/km
- reunapaalut	1 500 mk/km	2 000 mk/km
- istutukset	6 000 mk/km	
- taustamerkki	700 mk	
- tien muuttaminen kaksiajorataiseksi		
Ks. kohta 5.3.21		

5.5.2 Pienistä nopeuksista johtuvien onnettomuuksien torjuminen

## 5.5.21 Tien poikkileikkauksen leventäminen



	Investointi	Kunnossapito- kustannusten lisäys 10 v:ssä
- nousukaistojen rakentaminen	200 000 mk	42 000 mk
5.5.22 Liikenteenohjaustoimenpiteet		
- varoitusmerkit, esim. varoitus raskaasta liikenteestä, työkoneis- ta yms.	700 mk	500 mk
5.6 ERÄIDEN INHIMILLISISTÄ TEKIJÖISTÄ AIHEUTUVIEN ONNETTOMUUKSIEN ESTÄMISTOIMENPITEIDEN KUS- TANNUKSET		
5.6.1 <u>Väsymystilasta aiheutuvat onnettomuudet</u>		
5.6.11 Kuljettajan väsymyksen estämiseen tähtäävät toimenpiteet Ks. kohta 5.1.13		
5.6.2 <u>Häikäisystä aiheutuvat onnettomuudet</u>		
5.6.21 Suuntauksen parantaminen		
- optisen ohjauksen parantaminen Ks. kohta 5.1.21		
- näkemäolosuhteiden parantaminen		
5.6.22 Häikäisysuojien rakentaminen		
- häikäisysuojat vastakkaisen ajo- suunnan liikennettä varten (kaiteet, istutukset, maavalli, ajoratojen porrastus)		
- häikäisysuojat tiealueen ulkopuo- lelta tulevaa valoa varten tai tie- alueen ulkopuolella sijaitsevien häiritsevien valolähteiden poista- minen		

	Investointi	Kunnossapito- kustannusten lisäys 10 v:ssa
5.6.23 Muut toimenpiteet		
- tievalaistus	35 000 mk/km	50 000 mk/km
5.6.3 <u>Havaitsemisvaikeuksista ja virhe- arvioinneista aiheutuvat onnetto- muudet</u>		
5.6.31 Suuntauksen parantaminen		
- optisen ohjauksen parantaminen Ks. kohta 5.1.21		
- näkemäolosuhteiden parantaminen		
- ajosuuntien erottaminen saarek- keilla	300 mk/m	50 000 mk/km
5.6.32 Liikenteenohjaustoimenpiteet		
- nopeusrajoitus	700 mk	500 mk 1)
- enimmäisnopeussuositus	700 mk	500 mk
- varoitusmerkit	700 mk	500 mk
- ajoratamerkintöjen parantaminen	-	40 000 mk/km
- viitoituksen tehostaminen		
- etuajo-oikeussuhteen osoittaminen liikennemerkkeillä, kanavoinnilla jne.		
5.6.33 Etäisyyksien ja nopeuksien arviointia helpottavat toimenpiteet		
- istutukset	2 500 mk/km	-
- reunapaalut	1 500 mk/km	2 000 mk/km
5.6.34 Muita toimenpiteitä		
- tievalaistus	3 500 mk/km	50 000 mk/km
- mainostaulujen yms. keskittymistä häiritsevien laitteiden poistaminen teiden varsilta	-	-

---

1) Ks. sivu 108



	Investointi	Kunnossapito-
		kustannusten
		lisäys 10 v:ssa
- tärinävaikutuksen aikaansaaminen päällysteen karkeuttamisella	7 000 mk	14 000 mk
5.7 MUIDEN LIIKENNETURVALLISUUDEN PARANTAMISTOIMEN- PITEIDEN KUSTANNUKSET		
5.7.1 <u>Eri tyyppisen moottoriajoneuvoliikenteen erottelu</u>		
- tien muuttaminen moottori- tai moottoriliikennetieksi		
- paikallisliikenteen järjestelyt		
5.7.2 <u>Linja-autoliikenteen pysäkkijärjes- telyt</u>		
- pysäkkilevennykset	11 000 mk/kpl	2 000 mk
- pysäkkien erottaminen ajoradasta saarekkeilla (pysäkkialue 400 m <sup>2</sup> , saareke, reunakivi, liikennemer- kit)	34 000 mk/kpl	5 000 mk
5.7.3 <u>Hätäpuhelinverkoston rakentaminen</u>		
5.7.4 <u>Muita toimenpiteitä</u>		
- ohikulkutien rakentaminen	-	-
- uuden tien rakentaminen	-	-
- moottoritie:	-	155 000 mk/km
- 10/7 Kp	700 000 mk/km	45 000 mk/km
- 8/7 Kp	550 000 mk/km	45 000 mk/km
- 7/6 Bls	450 000 mk/km	41 000 mk/km
- 5,5 Ös	250 000 mk/km	70 000 mk/km
- valaisinpylväiden, liikennemerkkien, kaiteiden yms. laitteiden kehittäminen		



## 6. LIIKENNETURVALLISUUDEN PARANTAMISKOHTEIDEN JA -TOIMENPITEIDEN VALINTA

### 6.0 YLEISTÄ

Liikenneturvallisuuden parantamiseen tähtäävässä toiminnassa joudutaan ensimmäisenä työvaiheena selvittämään parantamisen kohteeksi valittavat tienkohdat, jonka jälkeen selvitetään kussakin kohteessa toteutettavat toimenpiteet. Liikenneturvallisuuden parantamiskohteiden valinta voidaan suorittaa seuraavilla tavoilla:

- 1 Selvitetään tapahtuneiden onnettomuuksien perusteella ne tieosat tai tienkohdat, joilla onnettomuuksia on tapahtunut runsaasti (onnettomuuksien kasautumapistee).
- 2 Selvitetään mitkä tieolosuhteet ovat liikenneturvallisuuden kannalta edullisia ja mitkä epäedullisia. Tämän jälkeen inventoidaan tieverkolta ne tieosat, joilla esiintyy em. epäedullisia olosuhteita, ja pyritään parantamaan tieverkkoa näiltä osin.
- 3 Määrätään kaikille tieosille onnettomuuspotentiaali esim. liikenteen tarkkailututkimuksilla ja muutetaan tieolosuhteita sellaisissa kohdissa, joissa ajoneuvojen kuljettajien käyttäytyminen poikkeaa suunnitellusta ajokäyttäytymisestä. Näiden tutkimusten suorittamismenetelmiä ei käsitellä yksityiskohtaisemmin tässä yhteydessä.

Kun em. menetelmillä on selvitetty liikenneturvallisuuden parantamiskohteet, määrätään kullekin kysymykseen tulevalle toimenpiteelle kustannus-hyöty-arvo ja



toteutetaan sellaiset toimenpiteet, joilla saavutetaan suurin hyöty suhteessa suoritettuun investointiin.

Jäljempänä tarkastellaan sekä onnettomuuksien kasvautumispisteiden määrittämisessä että liikenneturvallisuuden parantamistoimenpiteiden valinnassa käytettyjä menetelmiä.

## 6.1 LIIKENNEONNETTOMUUKSIEN KASAUTUMAPISTEIDEN (BLACK-SPOTS) SELVITTÄMINEN

### 6.1.1 Tiheysmenetelmä

Tiheysmenetelmällä määrätään onnettomuuksien kasautumapisteen siten, että tienkohdat luetteloidaan onnettomuustiheyden (onn./km) mukaisessa järjestyksessä ja valitaan parantamiskohteiksi ne, joissa tapahtuu eniten onnettomuuksia tiekilometriä kohti. Parantamiskohteeksi valitaan onnettomuustiheyden perusteella niin monta kohdetta kuin määrärahojen puitteissa on mahdollista.

Tiheysmenetelmää voidaan käyttää myös esim. siten, että valitaan parantamiskohteiksi sellaiset tienkohdat, joissa onnettomuustiheys on kaksi tai kolme kertaa niin suuri kuin koko maan keskimääräinen onnettomuustiheys.

Menetelmää voitaisiin käyttää esim. siten, että tarkasteltavan tieverkon kaikkia teitä verrataan keskenään tiheysmenetelmällä ja valitaan niistä parantamisen kohteeksi vaarallisimmat tiet. Nämä tiet jaetaan sitten lyhyempiin osiin, joita taas verrataan keskenään tiheysmenetelmällä, ja valitaan näistä onnettomuustiheyden perusteella vaarallisimmat tieosat parantamisen kohteiksi.

Koska onnettomuustiheys yleensä kasvaa liikennemäärän lisääntyessä, seuraa tästä, että tiheysmenetelmällä muodostetun luettelon ensimmäisinä kohteina ovat yleensä vilkkaimmin liikennöidyt tienkohdat. Sellaiset tienkohdat, joissa onnettomuuksien runsauteen ovat vaikuttamassa muut tekijät kuin suuri liikennemäärä, eivät menetelmässä yleensä tule mustiksi pisteiksi.



#### 6.1.2 Astemenetelmä

Astemenetelmällä määrätään liikenneonnettomuuksien kasautumakohdat onnettomuusasteiden (onn./100 milj. ajon. km) perusteella. Menetelmässä otetaan tiepituuksien lisäksi huomioon liikennesuoritteet ja liikennemäärät.

Astemenetelmän varjopuolena on se, että lyhyet tienosat tulevat ylikorostetusti esiin onnettomuuksien kasautumakohtina, vaikka tiellä olisi vain vähän liikennettä ja vaikka tieosalla olisi tapahtunut vain yksi onnettomuus.

#### 6.1.3 Aste-tiheysmenetelmä ja tiheys-astemenetelmä

Aste-tiheysmenetelmä on yhdistelmä kohdissa 6.1.1 ja 6.1.2 esitetyistä menetelmistä. Ensin käytetään astemenetelmää liikenneonnettomuuksien kasautumapisteidien määräämisessä. Luettelon alkupäästä otetaan kaksi tai kolme kertaa niin paljon tienkohtia kuin mikä on lopullisten kasautumapisteidien lukumäärä. Tästä joukosta valitaan parannettavaksi tulevat kasautumapisteen tiheysmenetelmällä.

Tiheys-astemenetelmässä käytetään osamenetelmiä päinvastaisessa järjestyksessä.

#### 6.1.4 Laatutarkkailumenetelmä

Menetelmä perustuu oletukseen, että onnettomuuksien esiintymistiheyttä voidaan kuvata Poisson-jakautuman avulla.

Tienkohdat luetteloidaan ensiksi astemenetelmän perusteella saatuun onnettomuusalttiutta kuvaavaan järjestykseen. Tästä luettelosta määrätään onnettomuuksien kasautumapisteiksi ne tienkohdat, joiden onnettomuusasteet ovat tilastollisesti merkittävästi suurempia kuin muiden samantyyppisten teiden keskimääräinen onnettomuusaste.

Ko. menetelmä on graafisesti esitetty kuvassa 40. Ensiksi merkitään koordinaatistoon kunkin tieosan onnettomuusaste. Sen jälkeen lasketaan tieosan keskimääräinen onnettomuusaste ja tilastolliset vaihtelurajat satunnaisille onnettomuusasteille eri tieosilla. Vaihtelurajat määrätään Poisson-jakautumalla kaavasta

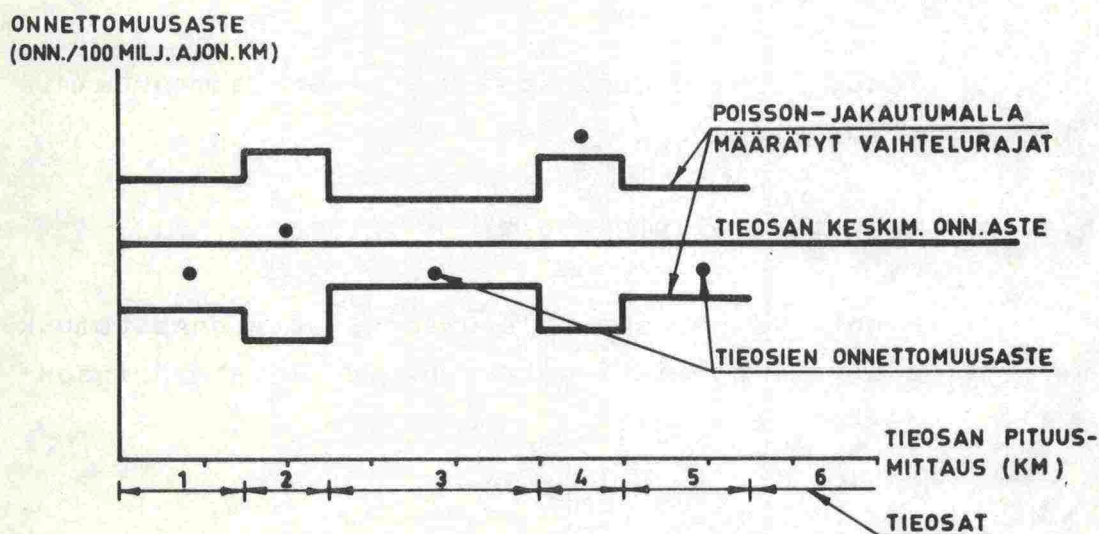
$$f_o \geq f_m + k \sqrt{\frac{f_m}{m_o}} - \frac{1}{2m_o}, \text{ jossa}$$

$f_o$  = tienkohdan onnettomuusaste (onn./100 milj. ajon. km)

$f_m$  = tietyyppin keskim. onnettomuusaste ( -" - )

$m_o$  = tienkohdan liikennesuorite ( $10^8$  ajon. km)

$k$  = valitusta merkitsevyystasosta riippuva kerroin (-)



Kuva 40

Laaduntarkkailumenetelmä



Vaihtelurajat tarkoittavat sitä, että niiden sisäpuolelle tulevat onnettomuustiheydet ovat valitulla merkitsevyystasolla satunnaisia. Jos tieosan onnettomuustiheys on vaihtelurajojen yläpuolella, on kysymyksessä onnettomuuksien kasautumapiste. Kasautumapisteiden keskinäinen parantamisjärjestys määrätään niiden onnettomuusasteen perusteella.

Menetelmä soveltuu periaatteessa hyvin esim. tieverkon tai pitkien tiejaksojen tietokoneella tapahtuvaan onnettomuuksien kasautumapisteiden selvittämiseen. Jos tietokonemuistiin on rekisteröity tieolosuhteita ja liikennettä koskevat tiedot, voidaan laatutarkkailumenetelmällä vaivattomasti määrätä eri merkitsevyystasoja vastaavat onnettomuuksien kasautumapistet. Menetelmän soveltamisessa on kuitenkin otettava huomioon lyhyiden tieosien korostuva esiintuleminen onnettomuuksien kasautumapisteinä. Tämä johtuu onnettomuusasteen muodostumisesta suureksi lyhyellä tieosalla huolimatta esim. suhteellisen pienestä onnettomuuksien todellisesta lukumäärästä. Lisäksi on huomattava, että keskimääräinen onnettomuusaste ( $f_m$ ) ei yleensä ole vakio, vaan vaihtelee liikennemäärän vaihteluiden myötä.

#### 6.1.5 z-arvomenetelmä

Menetelmässä jaetaan tarkasteltava tiestö osiin mm. tien standardin ja tienvarsiasutuksen perusteella. Sen jälkeen määrätään kullekin tieosalle keskimääräinen onnettomuustiheyden ja keskivuorokausiliikenteen välinen riippuvuus. Tämä riippuvuus määritellään lausekkeella

$$V = a \cdot N^P \cdot L, \text{ jossa}$$



$V$  = tieosan odotettavissa oleva onnettomuusluku

$L$  = tieosan pituus

$N$  = keskivuorokausiliikenne

$a$  ja  $p$  ovat tieosan luokasta riippuvia vakioita

Jokaiselle tieosalle lasketaan em. kaavalla onnettomuusluku  $V$ , jota verrataan todelliseen onnettomuusmäärään  $U$  laskemalla ns.  $z$ -arvo kaavalla

$$z = \frac{U - V - 1}{\sqrt{V}}$$

Mikäli  $z > 2,0$ , on tarkasteltava tienkohta liikenneonnettomuuksien kasautumapiste. Yleisemmin määritellään liikenneonnettomuuksien kasautumapisteeksi tienosa, jonka  $z$ -arvo on

$$z = \frac{U - V - b}{\sqrt{V}} > k,$$

jossa  $b$  ja  $k$  ovat  $z$ -testin mukaisia tilastollisesta merkitsevyydestä riippuvia kertoimia.

#### 6.1.6 Fräkin menetelmä

Menetelmässä lähdetään olettamuksesta, että tiellä on olemassa "perusonnettomuustiheys" ja tietyissä tienkohdissa suurempi "mustapisteonnettomuustiheys". Mikäli onnettomuuksien tapahtumapaikat ovat jakautuneet Poissonin jakautuman mukaisesti, esiintyy onnettomuuksien kasautumakohtia, mutta mitä suurempia kasautumat ovat, sitä pienempi on niiden esiintymistodennäköisyys. Kasautumapiste määritellään muodossa "enemmän kuin  $N$  onnettomuutta  $L$  metrin pituisella matkalla". Suureiden  $N$  ja  $L$  määrittämiseksi lähdetään havainnosta, että Poisson-tapauksessa onnettomuuksien tapahtumapaikkojen välinen etäisyys noudattaa negatiivista eksponenttijakautumaa.



Logaritmipaperilla tämä kuvautuu suorana. Mikäli havaittu jakautuma poikkeaa suorasta, voidaan tämä tulkita siten, että havaintoaineisto sisältää kasautumapisteitä, ts. enemmän lyhyitä etäisyyksiä kuin pelkän sattuman johdosta pitäisi esiintyä.

## 6.2 LIIKENNETURVALLISUUTEEN VAIKUTTAVIEN TEKIJÖIDEN TUTKIMINEN

### 6.2.1 Yhden tekijän tutkiminen onnettomuuksien välimatkaa vertailevalla menetelmällä

Liikenneonnettomuuksien määrän riippuvuutta jostakin määrätystä tieteknisestä tekijästä voidaan tutkia vertailemalla onnettomuuksien välimatkaa (tieosan pituus/onnettomuuksien lukumäärä). Onnettomuuksien välimatka lasketaan erilaisille tieosille. Menetelmässä valitaan kullakin laskentakerralla vertailun kohteeksi joku tieolosuhde (tekijä), josta verrataan, tapahtuuko ko. olosuhteissa tilastollisesti enemmän onnettomuuksia kuin muissa olosuhteissa. Kukin tekijä voidaan valita sitten vuorollaan testauksen kohteeksi. Tilastollinen testaus suoritetaan menetelmässä vertaamalla onnettomuuksien jakaantumista normaalijakautumaan.

Esimerkki menetelmän soveltamisesta: Tutkitaan, tapahtuuko suoralla tiellä tilastollisesti enemmän onnettomuuksia kuin muunlaisilla tienosilla. Oletetaan, että tien kokonaispituus on 121 km, josta suoraa tienosaa 102 km ja muunlaisia tienosia 19 km. Suorilla tienosilla tapahtui tarkasteluajanjaksona yhteensä 57 onnettomuutta ja muilla tienosilla 9 onnettomuutta. Keskimääräiset onnettomuuksien välimatkat ovat siten

$$\frac{102}{57} = 1,79 \text{ km ja } \frac{19}{9} = 2,1 \text{ km.}$$

Edellä mainittu onnettomuuksien välimatkojen erotus on  $1,79 - 2,1 = -0,31$  km. Muodostetaan vastaavasti erotukset yhdeksälle muunlaiselle tienosalle, esim.  $-0,31, -0,37, -0,47, -0,77, -0,41, -0,98, -0,20, -0,42, -0,34, -0,78$ . Näiden erotusten kes-



kiarvo on -0,59, keskihajonta (S) kaavasta

$$S = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = 0,61$$

ja keskihajonnan keskipoikkeama ( $S_{\bar{x}}$ )

$$S_{\bar{x}} = \frac{S}{\sqrt{n}} = 0,19$$

sekä testisuure

$$t = \frac{S}{S_{\bar{x}}} = \frac{0,61}{0,19} = 3,1$$

Kaavoissa

$\bar{x}$  = erotusten keskiarvo

$x_i$  = erotus (-0,31, -0,37, -0,47 jne.)

$n$  = erotusten lukumäärä

Koska  $t = 3,1 > 2,26$  ( $t$  = testisuure 95 %:n merkitsevyystasolla = 2,26), voidaan tilastollisesti merkitsevällä todennäköisyydellä sanoa suoralla tiellä tapahtuvan enemmän onnettomuuksia.

#### 6.2.2 Ennen-jälkeen-tutkimukset

Eräs mahdollisuus on verrata onnettomuusmääriä "ennen ja jälkeen" tietyn parantamistoimenpiteen. Vertailun tuloksena voidaan arvioida niiden tekijöiden vaikutusta, joihin parantamistoimenpide on kohdistunut. Onnettomuusmäärien vertailussa sovelletaan yleensä eri  $\chi^2$ -testejä. Ennen-jälkeen-tarkastelu voidaan kohdistaa vain parantamistoimenpiteen vaikutusalueella tapahtuneisiin onnettomuuksiin tai ottaa vertailuun mukaan tietty vertailuaineisto.

### 6.2.3 Poisson-jakautumaan perustuva menetelmä

Menetelmässä lähdetään olettamuksesta, että mikäli tieolosuhteet eivät vaikuttaisi onnettomuuksien määriin, jakautuisivat onnettomuuksien tapahtumapaikat Poissonin jakautuman mukaisesti. Jos joissakin olosuhteissa tapahtuu enemmän onnettomuuksia kuin Poisson-jakautuma osoittaa, voidaan syynä onnettomuuksien runsauteen pitää tietyllä todennäköisyydellä vallitsevia tieolosuhteita.

Menetelmää käytetään siten, että ensin tutkittava tie jaetaan keskenään yhtä pitkiin (esim. 1 km) tieosiin, jotka luokitellaan sen mukaan, kuinka monta onnettomuutta niillä tapahtuu. Tämän jälkeen lasketaan vastaava jakautuma Poisson-jakautuman kaavalla

$$p_n(k) \approx \frac{\lambda^k}{k!} \cdot e^{-\lambda}, \text{ jossa}$$

$p_n(k)$  = todennäköisyys, jolla tapahtuu  $k$  onnettomuutta

$k$  = onnettomuuksien lukumäärä (0, 1, 2, ...)

$\lambda$  = keskimääräinen onnettomuuksien lukumäärä tiekilometriä kohti

$e$  = Neperin luku = 2,72

Esimerkki menetelmän käytöstä:

121 kilometrin pituisella tienosalla tapahtui onnettomuuksia seuraavasti:

$k$ = onnettomuuksien lukumäärä	Tienosien lukumäärä, joilla tapahtui $k$ onnettomuutta
0	27
1	30
2	29
3	23
4	7
5	3
6	1
7	1



Poisson-jakautuman kaavalla lasketaan ensin  $k = 0$  vastaava  $\lambda$ :n arvo  $\lambda_0$ .

$$p_n(0) = e^{-\lambda_0} = \frac{27}{121} = 0,223$$

Em. yhtälöstä saadaan  $\lambda_0 = 1,50$

Keskimääräinen :n arvo koko tielle

$$\lambda = \frac{\text{onn.lukumäärä}}{\text{tien pituudet}} = \frac{213}{121} = 1,75$$

Satunnaisesti tapahtuneiden onnettomuuksien lukumäärä =

$$\text{onn.lukumäärä} \cdot \frac{\lambda_0}{\lambda} = 213 \cdot \frac{1,50}{1,75} = 182$$

Satunnaisesti tapahtuneet onnettomuudet jakautuvat tielle Poisson-jakautuman mukaisesti.

Seuraavassa lasketaan esim. monellako tienosalla tapahtuu 1 onnettomuus:

$$p_n(1) = \frac{\lambda_0^1}{1!} \cdot e^{-\lambda_0} = 1,50 \cdot \frac{1}{2,72} = \frac{1,50}{4,48} = 0,33$$

Tienosia, joilla tapahtuu yksi onnettomuus:

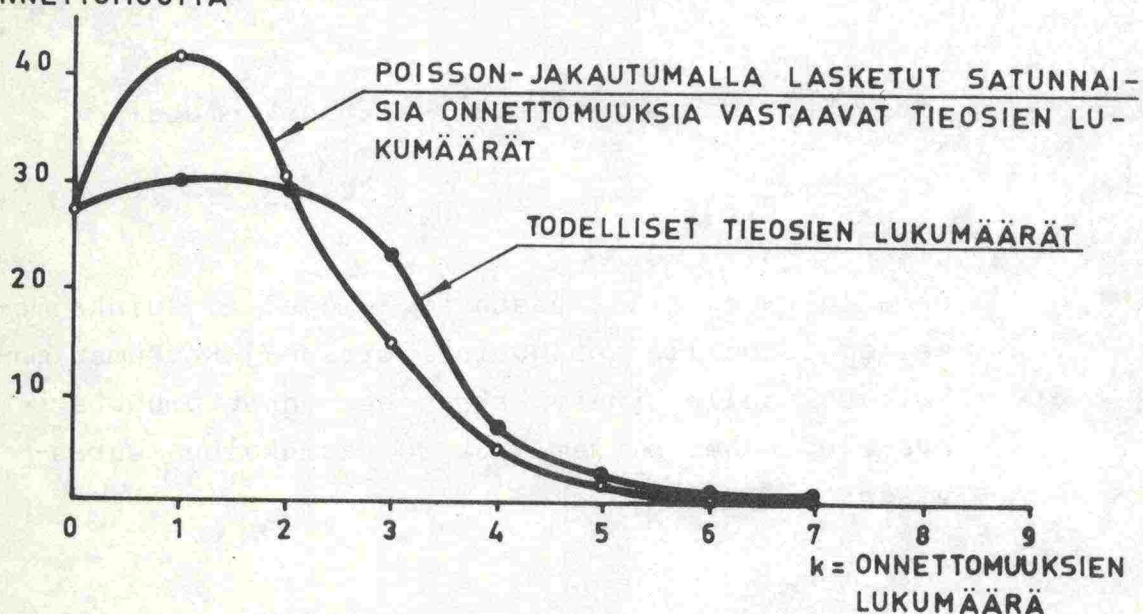
$$0,33 \cdot 121 = 41 \text{ kpl}$$

Samalla tavalla lasketaan ko. kaavalla, kuinka monella tienosalla tapahtuisi Poisson-jakautuman mukaisesti nolla, yksi, kaksi jne. onnettomuutta. Lasketut onnettomuusmäärät on taulukoitu seuraavassa:

k = onnettomuuksien lukumäärä	Poisson-jakautumalla lasket- tujen tienosien lukumäärä, joilla satunnaisesti tapah- tuisi k onnettomuutta
0	27
1	41
2	30
3	15
4	5
5	2
6	1
7	0

Vertaamalla taulukossa esitettyjä tienosien lukumääriä keskenään voidaan havaita, että sellaisilla tienosilla, joilla oli tapahtunut vähintään kolme onnettomuutta, ylittää tapahtuneiden onnettomuuksien lukumäärä satunnaisten onnettomuuksien lukumäärän (kuva 41). Näin ollen voidaan tieolosuhteita pitää tällaisilla tienosilla onnettomuuksia aiheuttavina tekijöinä.

TIEOSIEN LUKUMÄÄ-  
RÄ, JOILLA TAPAHTUU  
k ONNETTOMUUTTA



Kuva 41

Esimerkkitapauksen onnettomuuksien jakaantuminen



## 6.3 LIIKENNETURVALLISUUDEN PARANTAMISTOIMENPITEIDEN VALINTAMENETELMÄT

### 6.3.1 Kustannus-hyöty-menetelmä

Kustannus-hyöty-menetelmää voidaan käyttää apuna suoritettaessa vertailua kahden tai useamman tunnetun parantamiskohteen toteuttamisesta.

Jos tutkittavana on kaksi kohdetta, suoritetaan valinta toteuttamisesta seuraavien näkökohtien perusteella ( $C_1$  ja  $C_2$  ovat vaihtoehtojen 1 ja 2 toteuttamiskustannukset sekä  $B_1$  ja  $B_2$  niiden hyöty, joka on esim. onnettomuuskustannusten säästö):

- a) Jos  $B_1 = B_2$  ja  $C_1 < C_2$  valitaan 1
- b) Jos  $B_1 > B_2$  ja  $C_1 = C_2$  valitaan 1
- c) Jos  $B_1 > B_2$  ja  $C_1 < C_2$  valitaan 1
- d) Jos  $B_1 < B_2$  ja  $C_1 < C_2$  valitaan 1 tai 2

Em. tapauksissa muodostaa valinnan kannalta ongelman sellainen tilanne, jolloin toinen vaihtoehto on halvempi toteuttaa, mutta antaa samalla huonomman hyödyn. Valinta suoritetaan tällöin esim. arvostelemalla eri vaihtoehtoilla saavutettavaa vakavien henkilövahinkojen vähentymistä.

Jos parantamiskohteet on valittava useiden vaihtoehtojen joukosta, lasketaan kaikille kohteille ensin hyöty-kustannus

$$\phi_i = \frac{B_i}{C_i}, \text{ jossa } B_i \text{ on kohteen parantamistoimenpiteestä saavutettava hyöty (aina rahana)}$$

ja  $C_i$  toimenpiteen vaatima investointi. Kohteet asetetaan järjestykseen  $\phi_i$ :n suuruuden perusteella. Parantamistoimenpiteistä toteutetaan saadun luettelon perusteella niin monta kuin niihin käytettävissä olevat resurssit riittävät.

6.3.2 Optimointimenetelmä

Menetelmää voidaan käyttää valittaessa tieverkon tai määrätyn tietyyppin (esim. valtatie) liiketurvallisuuden parantamiskohteita ja -toimenpiteitä.

Lähtötietoina tarvitaan kunkin parantamistoimenpiteen hyötyfunktio

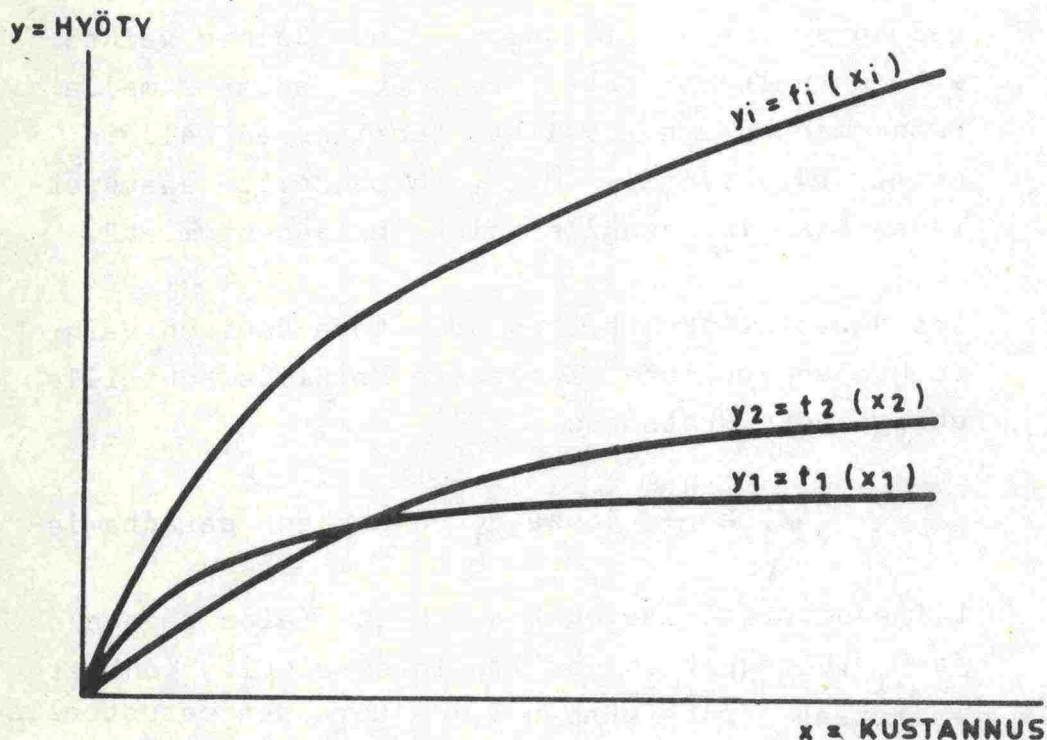
$$y_i = f_i(x_i) \text{ jossa}$$

$y_i$  = toimenpiteestä  $i$  saatava hyöty (mk)

$x_i$  = toimenpiteen  $i$  vaatima kustannus (mk)

$f_i$  = toimenpiteen  $i$  hyötyfunktio

Hyötyfunktio  $f_i$  oletetaan tunnetuiksi esim. kokeellisten tutkimusten perusteella (kuva 42). Parantamistoimenpiteistä saatava hyöty tarkoittaa menetelmässä onnettomuuskustannusten säästöä.



Kuva 42

Esimerkkejä hyötyfunktioista



Tieverkon liikenneturvallisuustoimenpiteisiin varatut määrärahat jaetaan eri toimenpiteille tietyllä optimointimenetelmällä. Optimoinnissa on kysymys siitä, että funktioiden  $f_i$  perusteella lasketaan, kuinka paljon kutakin parantamistoimenpidettä kannattaa tehdä, jotta määrärahasta saadaan mahdollisimman suuri hyöty.

Matemaattisesti menetelmää käytetään seuraavasti:

Kokonaishyöty ( $Y$ ) on

$$Y = \sum_{i=1}^n f_i(x_i) \text{ rajoituksella, että}$$

$$U = \sum_{i=1}^n x_i - X = 0$$

$X$  = määrärahat yhteensä

Em. rajoitus tarkoittaa, että  $n$  parantamistoimenpidettä vaativat kaikki määrärahat.

Mudostetaan uusi funktio  $F(x_1 \dots x_n)$  yhtälöllä

$$F = Y + \lambda U$$

$$F = \sum_{i=1}^n f_i(x_i) + \lambda \left( \sum_{i=1}^n x_i - X \right)$$

Kunkin parantamistoimenpiteen optimaalinen määrä saadaan ratkaistuksi osittaisderivoimalla  $F$   $x_i$ :n ja  $\lambda$ :n suhteen ja merkitsemällä

$$\frac{\partial F}{\partial x_i} = 0 \text{ ja } \frac{\partial F}{\partial \lambda} = 0$$

Näin muodostetuista yhtälöryhmistä saadaan ratkaistuuksi  $x$  ja  $\lambda$ .

### 6.3.3 Kustannusten ja hyötyjen arvioiminen käytettäessä parantamistoimenpiteiden valintamenetelmiä

Kun tehdään edellä esitetyn tapaisia tarkasteluja parantamistoimenpiteiden valitsemiseksi, joudutaan toimenpiteistä aiheutuvat kustannukset ja niillä saavutettavat hyödyt saatamaan yhteismitalliseksi. Tällöin voidaan kustannusten ja hyötyjen arvioimisessa käyttää jäljempänä esitettyjä tapoja.

Toimenpiteiden kustannuksia arvostellaan yleensä aina rahana tietyn investointiajanjakson puitteissa.

Toimenpiteiden hyötyjä voidaan sitä vastoin arvostella usealla eri tavalla. Esimerkkeinä hyötyjen arvioimisessa käytettävistä yksiköistä voidaan mainita seuraavat:

1. Lasketaan vältettyjen onnettomuuksien lukumäärä (kpl)
2. Määrätään eri onnettomuuksille niiden vakavuusasteen perusteella vastaavuuskertoimet ja lasketaan hyödyt pistearvojen summana
3. Arvioidaan hyödyt rahana

Kohdassa 1 esitettyä onnettomuuksien lukumäärään kohdistuvaa hyötyjen tarkastelutapaa on käytetty tämän selvityksen laskelmissa (kohta 7). Tämä tarkastelutapa on periaatteessa yksinkertainen, mutta usein lähtötietojen epätarkkuuden vuoksi ei ole tarkoituksenmukaista käyttää tarkempia menetelmiä. Toisaalta ei ole estettä sille, että ko. menetelmällä tarkastellaan erikseen kuolemaan sekä vakavaan ja lievään henkilövahinkoon johtaneiden onnettomuuksien lukumäärää. Tämän menetelmän haittapuolena on yhteismitallisuuden puuttuminen silloin, kun verrataan keskenään toisiinsa vakavuusasteeltaan selvästi poikkeavia onnettomuuksia.



Kohdassa 2 esitetyllä tarkastelutavalla pyritään saattamaan onnettomuudet yhteismitallisiksi käyttäen tiettyjä muuntokertoimia, joilla seuraamuksiltaan vakaville onnettomuuksille annetaan suurempi paino. Esimerkiksi lähteessä /5/ on esitetty seuraavat kertoimet: kuolemaan johtanut onnettomuus 130, vakaviin henkilövahinkoihin johtanut onnettomuus 70, lieviin henkilövahinkoihin johtanut onnettomuus 5 ja aineellisiin vahinkoihin johtanut onnettomuus 1. Menetelmässä on kuitenkin vaikeata määrätä em. vakavuuskertoimien arvot esim. onko yhden kuolemaan johtaneen onnettomuuden välttäminen tärkeämpää kuin niiden henkilövahinkoihin johtaneen onnettomuuden välttäminen.

Kohdassa 3 on esitetty hyötyjen arvioiminen rahana, jolloin tarkastelu muodostuu periaatteessa selväpiirteiseksi, mutta erityisesti henkilövahinkojen kustannusten arvioiminen on vaikeaa ja psykologisesti varsin epämiellyttävää, koska inhimilliset näkökohdat saattavat tällöin jäädä osaksi huomioon ottamatta.

Parlamentaarisen liikennekomitean liikenneturvallisuus- ja työnjakojaosto on v. 1971 tehnyt ulkomailta suoritettuihin selvityksiin pohjautuen arviot liikenteessä kuolleen ja loukkaantuneen ns. varjohinnasta sekä keskimääräisen aineellisen vahingon hinnasta (taulukko 6). Taulukoissa esitetty kuolemantapauksen aiheuttama menetys muodostuu laskelmassa kahdesta erästä:

- työpanoksen menetys, eli kuolleen liikenneonnettomuuden uhrin arvioitujen tulevien (ja menetettyjen) työpanosten nykyhetkeen diskontattu kokonaismäärä
- laskennalliset hoitokustannukset, jotka on arvioitu niiden kustannusten mukaisesti, jotka eräässä esimerkkitapauksessa aiheutuvat täysin invalidisoituneen ihmisen elämän ylläpitämisestä. Tämän saman summan voidaan yhteiskunnan olettaa olevan



valmis maksamaan sellaisista ennakkotoimenpiteistä, joilla vältetään invalidisoitumiseen joutanut onnettomuus.

	v. 1971	v. 1975	v. 1980	v. 1985
Kuollut	550 000	643 400	782 800	952 400
Loukkaantunut	8 000	9 300	11 400	13 800
Aineellinen vahinko	1 660	1 940	2 360	2 870

Taulukko 6

Varjohinnat liikenteessä kuolleen ja loukkaantuneelle sekä keskimääräinen aineellisen vahingon hinta (mk)

Liikenneturvallisuuden parantamistoimenpiteiden hyötyjen arvioimisessa käytettäviä tarkastelutapoja on tarpeen kehittää siten, että kaikki tekijät tulisivat huomioon otetuiksi. Tämä edellyttää arvoanalyysin tai muun edustavuusvertailumenetelmän käyttämistä. Tällaisten menetelmien käyttämisestä on annettu ohjeita TVL:n normaalimääräyksissä ja ohjeissa. Jotta näitä menetelmiä voitaisiin käyttää, pitäisi liikenneturvallisuuden parantamistoimenpiteiden hyötyjen laskemisen pohjaksi vahvistaa yleisesti hyväksytyt arvot liikenteessä kuolleen, loukkaantuneen sekä aineellisen vahingon hinnaksi. Näitä samoja arvoja tulisi siten käyttää kaikkien liikennemuotojen liikennetaloudellisissa laskelmissa. TVH on tehnyt ko. asiasta aloitteen liikenneministeriölle v. 1971.



## 7. ESIMERKKEJÄ LIIKENNETURVALLISUUDEN PARANTAMIS- TOIMENPITEIDEN VALINNASTA

Edellä esitettyjen liikenneturvallisuuden parantamistoimenpiteitä koskevien tietojen perusteella voidaan toimenpiteiden valinta suorittaa siten, että arvioidaan kunkin toimenpiteen seurauksena odotettavissa oleva onnettomuuksien lukumäärän aleneminen 10 vuoden aikana ja verrataan sitä saman ajan kuluessa ko. toimenpiteestä aiheutuviin kustannuksiin ym. vaikutuksiin.

Toimenpiteistä aiheutuvat muut vaikutukset täytyy selvittää kussakin tapauksessa paikallisia olosuhteita koskevien tietojen perusteella. Ajokustannukset lasketaan liikennetietojen perusteella vakiintuneita laskukaavoja käyttäen. Esimerkeissä on tehty karkea arvio ajokustannuksista lähtien tietyistä liikennettä koskevista olettamuksista.

Jäljempänä esitetään eräitä esimerkkejä liikenneturvallisuuden parantamistoimenpiteiden valinnasta eri tyyppisissä tarkastelutilanteissa. Esimerkeillä pyritään esittelemään ainoastaan erilaisia kysymykseen tulevia menetelmiä, joten arvioita eri toimenpiteiden edullisuudesta ei voida sellaisenaan soveltaa käytäntöön.

### Esimerkki 1

Eräällä tieosalla tapahtuu vuosittain tiekilometriä kohti keskimäärin neljä sellaista onnettomuutta, jossa on osallisena jalankulkija tai pyöräilijä. Onnettomuuksista tapahtuu liittymissä 2 ja muulla tienosalla 2 kappaletta. Ko. tieosalle voivat liikenneturvallisuuden parantamistoimenpiteinä tulla kysymykseen mm.

- erillisten kevyen liikenteen väylien rakentaminen ja eri liikennemuotojen risteämisen järjestäminen eri tasoon



- liittymiin (2 kpl) liikennevalojen asentaminen
- nopeusrajoituksen asettaminen
- tievalaistus
- kevyttä liikennettä ohjaavan kaiteen rakentaminen

Eri toimenpiteiden vaatimia kustannuksia sekä vaikutuksia voidaan tarkastella esim. taulukon 7 osoittamalla tavalla. Ko. taulukkoa tarkasteltaessa on huomattava, että toiset toimenpiteet vaikuttavat vain risteämisonnettomuuksiin (2 kpl/vuosi).

Toimenpide	Toimenpiteen kustannukset (mk)			Vaikutus onn. mää- rään (%)	Onnettomuuksien vähentyminen (kpl/10 v)	Kustannus/väl- tetty onnetto- muus (mk)	Muut vaikutukset
	Rak.kust.	Kunnossa- pito	Yht.				
Erillisten kevyen liikenteen väylien rakentaminen ja eri liikennemuotojen risteäminen eri tasossa (2 kpl)	320 000	250 000	345 000	80	32	10 800	Ajokustannusten väheneminen 30 000 mk
Liikennevalot (vain kevyt liikenne)	15 000	3 000	18 000	80	16	950	Ajokustannusten lisääntyminen 10 000 mk
Nopeusrajoitus	700	500	1 200	30	12	60	Ajokust. lisääntyminen 60 000 mk ja päällystyskust. väheneminen 20 000 mk
Tievalaistus	35 000	50 000	85 000	50	20	4 250	Parantaa viihtyisyyttä
Kevyttä liikennettä ohjaavan kaiteen rakentaminen (400 m)	26 000	-	26 000	25	5	5 200	

Taulukko 7

Vertailu eräistä kevyen liikenteen turvallisuuden parantamistoimenpiteiden kustannuksista ja vaikutuksista

Taulukossa 7 esitetyjen laskelmien perusteella tulisi liikenneturvallisuuden parantamistoimenpiteenä tässä esimerkitapauksessa kysymykseen nopeusrajoituksen asettaminen.



## Esimerkki 2

Valta- ja kantateilla on yhteensä n. 4 000 jaksossa teräs-johdekaiteita, joiden päät voitaisiin upottaa liikenneturvallisuuden parantamiseksi. Summittainen arvio kaiteiden päihin ajamisista on neljä onnettomuutta vuodessa ko. luokkaisilla teillä. Kaiteen yhden pään upotuksen on arvioitu maksavan 600 mk.

Yhden vältetyn onnettomuuden kustannukseksi 10 vuodessa tulisi em. arvoja käyttäen

$$\frac{2 \cdot 4000 \text{ kpl} \cdot 600 \text{ mk/kpl}}{10 \text{ v} \cdot 4 \text{ onn./v}} = 120\,000 \text{ mk}$$

Edellä oleva laskelma on erittäin karkea arvio, sillä osa kaidejaksoista on niin lyhyitä, että ne mahdollisesti kannattaisi uusida. Lisäksi on huomattava, että valta- ja kantateilla on huomattava määrä muun tyyppisiä kaiteita, joita jouduttaisiin kaiteiden päiden upottamisen yhteydessä osittain kokonaan uusimaan.

Kaiteiden päiden upotus on liikenneturvallisuuden parantamistoimenpiteenä sellainen, ettei se sinänsä vähennä onnettomuuksien lukumäärää, vaan ainoastaan lievittää seurausvaikutuksia.

## Esimerkki 3

Rautateiden tasoristeyksiä on yleisillä teillä yhteensä n. 650 kpl, joissa tapahtuu vuosittain n. 260 onnettomuutta. Kaikkien näiden tasoristeyksien liikenneturvallisuuden parantamistoimenpiteiden valintaa voidaan tarkastella esim. taulukossa 8 esitetyllä tavalla.

Toimenpide	Kust./10 v (1000mk)	Onn. väheneminen (%)	Onn.väheneminen (kpl/10 v)	Kust./vältetty onn. 10 v (mk)	Vaikutus ajokust. (mk)
Eritasoristeys	650 000	100	2 600	250 000	-20 000
Valo- ja ääni- varoitustilaite	65 000	45	1 170	55 500	
Puolipuumilaite	81 300	85	2 210	36 800	
Pakollista pysähtymistä osoittava liikennemerkki	715	30	780	920	+15 000

Taulukko 8

Vertailu eräistä rautateiden tasoristeyksien liikenneturvallisuuden parantamistoimenpiteistä kaikkien yleisten teiden tasoristeysten kannalta

Taulukon 8 perusteella tulisi taloudellisesti arvostellen ensimmäisenä tasoristeyksien liikenneturvallisuuden parantamistoimenpiteenä kysymykseen pakollista pysähtymistä osoittavien liikennemerkkien asettaminen.

## Esimerkki 4

Edellä on esimerkissä 3 tarkasteltu rautateiden tasoristeysten liikenneturvallisuuden parantamista olettaen kaikissa tasoristeyksissä tapahtuvan yhtä paljon onnettomuuksia. Onnettomuudet eivät käytännössä kuitenkaan jakaudu näin tasaisesti, vaan tasoristeykset voidaan jakaa pienempiin ryhmiin sen mukaan kuinka monta onnettomuutta niissä tapahtuu. Tässä esimerkkitapauksessa oletetaan, että tasoristeyksiä, joissa tapahtuu vähintään 1 onnettomuus vuodessa, on 20 kappaletta ja sellaisia, joissa tapahtuu vähintään 0.5 onnettomuutta vuodessa, on 30 kappaletta sekä 50 kappaletta tasoristeyksiä, joissa tapahtuu vähintään 0.25 onnettomuutta vuodessa.

Tehtävänä on tutkia, mihin em. tasoristeyksiin on taloudellisesti edullisinta sijoittaa puolipuumilaitteita, ja vertailla ko. toimenpiteen kustannuksia muiden kysymykseen tulevien toimenpiteiden kustannuksiin (esimerkki 3).



a) Tasoristeykset, joissa tapahtuu 1 onn./v.

- puolipuumilaitteiden hinta  
20 x 81 300 mk = 1 626 000 mk
- onnettomuuksien väheneminen 85 %
- onnettomuudet vähenevät  $\frac{85}{100} \cdot 200 \text{ onn./10 v.} = 170 \text{ onn./10 v.}$
- Kustannus/vältetty onnettomuus =  $\frac{1\,626\,000}{170} = 9\,600 \text{ mk}$

b) Tasoristeykset, joissa tapahtuu 0.5 onn./v.

- puolipuumilaitteiden hinta  
30 x 81 300 mk = 2 439 000 mk
- onnettomuuksien väheneminen 85 %
- onnettomuudet vähenevät  $\frac{85}{100} \cdot 150 \text{ onn./10 v.} = 127 \text{ onn./10 v.}$
- kustannus/vältetty onnettomuus =  $\frac{2\,439\,000}{127} = 19\,300 \text{ mk}$

c) Tasoristeykset, joissa tapahtuu 0.25 onn./v.

- puolipuumilaitteiden hinta  
50 x 81 300 mk = 4 065 000 mk
- onnettomuuksien väheneminen 85 %
- onnettomuudet vähenevät  $\frac{85}{100} \cdot 125 \text{ onn./10 v.} = 106 \text{ onn./10 v.}$
- kustannus/vältetty onnettomuus =  $\frac{4\,065\,000}{106} = 38\,300 \text{ mk}$

Kuten edellä esitetyistä tuloksista havaitaan, on edullisinta sijoittaa puolipuumilaitteet sellaisiin tasoristeyksiin, joissa tapahtuu runsaimmin onnettomuuksia. Tällöin muodostuu kustannus vältettyä onnettomuutta kohti pienimmäksi. Kun puolipuumilaitteen kustannuksia verrataan esimerkissä 3 laskettuihin kustannuksiin, voidaan c-tapauksen todeta suu-

rin piirtein vastaavan maan keskiarvoa.

#### Esimerkki 5

Erään tien liikenneturvallisuuden parantamistoimenpiteinä harkittiin ajoradan levennämistä tai kevyen liikenteen teiden rakentamista. Tiellä tapahtui 3 onn./v., joista kahdessa oli osallisena jalankulkija tai polkupyöräilijä. Tien leveys oli 6 m. Em. toimenpiteille saadaan seuraavat vertailukustannukset vältettyä onnettomuutta kohti:

Ajoradan levennys 6 m  $\rightarrow$  7,5 m

- kustannus 120 000 mk/km  $\cdot$  10 v
- onnettomuuksien väheneminen 30 %
- onnettomuudet vähenevät 9 kpl/10 v
- kustannus/vältetty onnettomuus =  $120\,000/9 =$   
13 300 mk

#### Kevyen liikenteen väylien rakentaminen

- kustannus 345 000 mk/10 v
- onnettomuuksien väheneminen 80 %
- onnettomuudet vähenevät 16 kpl/10 v
- kustannus/vältetty onnettomuus =  $345\,000/16 =$   
21 500 mk

Edellä esitettyjen laskelmien perusteella tulisi ko. tiellä liikenneturvallisuuden kannalta edullisemmaksi toteuttaa jyrkkien kaarteiden oikaisu kuin rakentaa kevyelle liikenteelle erilliset väylät.



## 8. ONNETTOMUUSTILASTOJEN JA LIIKENNETURVALLISUUDEN TUTKIMUSMENETELMIEN KEHITTÄMISESTÄ

Kuten edellä on jo todettu, tarvitaan liikenneturvallisuuden parantamistoimenpiteiden kiireellisyysjärjestystä selvitettäessä mm. eri toimenpiteiden sekä niiden vaikutusten ja kustannusten tuntemista. Näiden tietojen perusteella voitaisiin sitten toimenpiteiden tehokkuutta ja toteuttamisjärjestystä tutkia esim. kohdassa 7 esitettyjen esimerkkien osoittamalla tavalla. Tällä hetkellä ovat liikenneturvallisuuden parantamistoimenpiteistä saatavat tiedot kuitenkin sen verran puutteellisia, ettei em. kiireellisyys selvitystä pystytä tutkimustulosten perusteella luotettavasti tekemään. Jotta tulevaisuudessa voitaisiin suorittaa laskelmat entistä tarkemmin, tulisi työryhmän käsityksen mukaan selvittää mm. seuraavaa

- liikenneonnettomuuksien vähenemisen arvioiminen eri toimenpiteiden vaikutuksesta on tällä hetkellä vaikein tehtävä parantamistoimenpiteiden kiireellisyysjärjestystä selvitettäessä. Kirjallisuudesta saatavat tiedot toimenpiteiden vaikutuksista ovat valtaosaltaan suhteellisen vanhoja (1950-luvulta). Tämän jälkeen on tapahtunut kehitystä autojen rakenteessa (esim. valot), lainsäädännössä sekä tieolosuhteissa. Edellä esitettyjen näkökohtien valossa ei kirjallisuudesta saatavia toimenpiteiden vaikutuksia koskevia tietoja voida pitää täysin luotettavana. Työryhmän käsityksen mukaan tulee parantamistoimenpiteiden vaikutuksia koskevien tietojen keräämistä edelleen jatkaa sekä TVH:n toimesta tehtävillä ennen-jälkeen-tutkimuksilla että ulkomaisesta kirjallisuudesta. Näiden tietojen hankkimiseksi tulisi myös tutkia mahdollisuuksia kansainväliseen yhteistyöhön. TVH:n ennen-jälkeen tutkimusten tuloksia voidaan pitää luotettavimpina, sillä niissä tie- ja liikenneolosuhteet ovat tunnetut sekä niihin



liittyvän tilastomatemattisen tarkastelun vuoksi

- liikenneonnettomuustilastojen kehittämisessä tulisi kiinnittää huomiota onnettomuuden tapahtumapaikan ja sen tieolosuhteiden entistä tarkempaan määrittämiseen. Eri tieolosuhteiden ja liikenneonnettomuuksien keskinäistä riippuvuutta tutkittaessa on välttämätöntä, että käytettävissä on tarkat onnettomuustilastot

- liikenneturvallisuuden parantamiskohteiden valinnassa voitaisiin ruveta soveltamaan yhä enemmän sekä onnettomuuspotentiaalin määrittämiseen pyrkiviä menetelmiä että kasautumapisteiden selvittämiskeinoja. Edellisten menetelmien etuna on se, ettei ole tarpeen odottaa onnettomuuksia tienkohdan vaarallisuuden toteamiseksi. Menetelmiä ei tällä hetkellä kuitenkaan ole vielä kehitetty riittävän pitkälle. Toisten tämän tyyppisten menetelmien haittapuolena tulee olemaan niiden vaatima suuri työ. Kasautumapisteiden selvittämiskeinoista voitaisiin soveltaa esim. laatutarkkailumenetelmää (kohta 6.14). heti sen jälkeen, kun tierekisteri on valmistunut. Menetelmää voitaisiin soveltaa tietokoneelle siten, että lähtöarvoiksi annettaisiin tierekisteriltä tieolosuhteita koskevat sekä lisäksi onnettomuuksia koskevat tiedot ja tarkastelun tuloksena saataisiin vaarallisimmat tienkohdat esim. tieluokittain, piireittäin jne.

- tieolosuhteiden ja liikenneonnettomuuksien välistä riippuvuutta voitaisiin yhä enemmän testata tilastollisilla keinoilla (kohta 6.2). Tällä hetkellä testaukseen käytetään ennen-jälkeen-menetelmiä, jotka vaativat kuitenkin usean vuoden seuranta-ajan ennen luotettavien tuloksien saamista. Tätä seuranta-aikaa voitaisiin tilastollisilla keinoilla lyhentää, sillä niissä ei ole tarpeen odottaa toimenpiteen vaikutuksista ilmaisevaa tilastoa.



Tilastollisilla keinoilla pyritään vastaavaan tulokseen valitsemalla suuri joukko tapauksia, esim. liittymiä, joista pyritään löytämään ne tekijät, mitkä tekevät toisista tapauksista (liittymistä) turvallisempia kuin toiset

- liikenneturvallisuuden parantamistoimenpiteiden kiireellisyys selvitysten laatimista varten tulisi kerätä tiedot erilaisten tienkohtien, kuten esim. suora, kaarre, liittymä, tasoristeys jne. määräistä. Tällöin voitaisiin tehdä arvioita eri toimenpiteiden kokonaisinvestointitarpeesta koko maassa tai piireittäin

- liikenneturvallisuuden parantamistoimenpiteiden vaikutusten selvittämiseksi olisi edullista, jos kaikki tieolosuhteissa tapahtuvat, liikenneturvallisuuteen vaikuttavat muutokset tulisivat rekisteröidyiksi tierekisterissä. Tällöin voitaisiin tierekisterin ja onnettomuustilastojen yhteisellä tarkastelulla tehdä arvioita toimenpiteiden vaikutuksista.



## 9. LÄHDELUETTELO

- /1/ Ahlqvist Gunnar Kriterier för black-spots  
Statens Väginstitut, Stockholm 1970
- /2/ Babkov Valeri F Accident Risks and Capacity of Single-  
Lobanov E M Level Intersections, Tenth International  
Lebedev B M Study Week in Traffic and Safety Engineering
- /3/ Babkov Valeri F Ermittlung und Beseitigung von Unfalls-  
schwerpunkten, 11. kansainvälinen liikenne-  
tekniikan ja turvallisuuden opintopäivät,  
Bryssel 1972
- /4/ Babkov Valeri F Road Design and Traffic Safety, Traffic  
Engineering & Control 5/68
- /5/ Bitzl Franz Der Sicherheitsgrad von Strassen, Strassen-  
bau und Strassenverkehrstechnik, Bonn 1974
- /6/ Chalmers Tekniska Informationsinhämtning i korsningar, IV  
Högskola Studier av förarbeteenden samt intensifierade olycksplatsundersökningar i signalreglerade korsningar, Göteborg 1970
- /7/ Chalmers Tekniska Trafikolyckornas samband med trafikmiljön,  
Högskola - Institution en litteraturöversikt. Meddelande 8-1964  
för stadsbyggnad Göteborg 1964
- /8/ Chapman R A Five studies of accident rates, Traffic  
Engineering and Control September 1969
- /9/ Duff J T The effect of small road improvements on  
accidents, Traffic Engineering & Control  
October 1971
- /10/ Duff J T Warrants for and Design of Pedestrian  
Facilities
- /11/ Edholm S Undersökning rörande åtgärder för att ned-  
Roosmark P-O bringa antalet avkörningsolyckor och dessa  
olyckors skadepåföljd. Statens väg- och  
trafikinstitut 17.08.1972 (tutkimusohjelma)
- /12/ Edholm S Vägens Trafiksäkerhet  
Roosmark P-O Stockholm 1969
- /13/ Eleventh International Theme III: Principles Covering the Choice  
Study Week in Traffic of Road Safety Measures  
Engineering and Safety
- /14/ Granville B Influence of Lighting on Cost of Road  
Accidents, Traffic Engineering & Control,  
January 1968
- /15/ Hietanen Eero Tieturvallisuus tavoitteena 26.02.1973
- /16/ Highway Research Board Improved Street Utilization through Traffic  
Engineering, Special Report 93  
Washington D C 1967



- /17/ HULKKO Timo Yksityisten teiden liittymien vaikutus liikenneturvallisuuteen. Diplomityö TKK -72
- /18/ Härkänen Kirill Tiehen ja sen välittömään läheisyyteen kohdistuvat toimenpiteet, Helsinki 30.10.1973
- /19/ Korhonen Jaakko Liikenneturvallisuus rautateiden tasoristeyksillä, Rakennustekniikka 3/74
- /20/ Lipponen Jorma Paikallisten nopeusrajoitusten vaikutus liikenneturvallisuuteen, diplomityö 1973
- /21/ Little Arthur D, Inc. The State of the Art of Traffic Safety, A Comprehensive Review of Existing Information. Praeger Special Studies in International Politics and Public Affairs USA 1970
- /22/ Merilinna Martti Yleisten teiden liikenneturvallisuus maaseututaajamissa. Diplomityö TKK 1972
- /23/ Muurinen Ilpo Onnettomuuskohtien parannustoimenpiteistä ja niiden suunnittelusta. Diplomityö TKK 1972
- /24/ Nastarengastoimikunta Nastarengastoimikunnan mietintö. Komiteamietintö 1973:89. Helsinki 1973
- /25/ OECD Road Research Pedestrian Safety, Paris 1970
- /26/ Parlamentaarinen liikennekomitea, liikenneturvallisuusjaosto, nopeusrajoitusryhmä Tiekohtaisen nopeusrajoitusjärjestelmän kokeilun asteittainen aloittaminen 01.07.1973
- /27/ Puttonen Teuvo Liikenneturvallisuuden parantamista koskevien toimenpiteiden valinta. Esitelmä Inskon kursseilla "Liikennemelu ja liikenneturvallisuus", 08. - 09.04.1974
- /28/ Rintamäki Heikki Liikenneonnettomuuslukujen kehityksestä yleisillä teillä vuosina 1967-1971. Diplomityö TKK 1973, Otaniemi 1973
- /29/ Saresma V-P Poliisille ilmoitettujen tieliikenneonnettomuuksien edustavuus Tampereen seudulla 1969 - 1971, Tampere 1972
- /30/ Statens trafiksäkerhetsverk Ökad trafiksäkerhet. Mål och medel. Stockholm 1972
- /31/ Šub G M Tieolosuhteiden merkitys tieliikenneonnettomuuksissa. Käännös aikakauslehti Abtomobiljnie dorogi 8/73 olleesta julkaisusta



- /32/ Thorson Ole Traffic Accidents and Road Layout  
The Technical University of Denmark 1967
- /33/ TVH/Tiesuunnittelu- Ennen-jälkeen tutkimukset tieolosuhteisiin  
osaston tekn.tal. kohdistuvien toimenpiteiden vaikutuksesta  
toimisto liikenneturvallisuuteen, 23.10.1973
- /34/ " Liikenneturvallisuustutkimuksia 1/1973  
TVH 2.395, Helsinki 1973
- /35/ " Liikenneonnettomuudet yleisillä teillä vv.  
1967-1969. Tieolosuhteet ja liikenneturval-  
lisuus. Tiedotuslehti no 3/1970, Hki 1970
- /36/ " Pistekohtaiset enimmäisnopeussuositukset  
Helsinki 25.09.1973
- /37/ " Suojattoman liikenteen onnettomuudet, eläin-  
ten päälleajot, tieolosuhteet ja liikenne-  
turvallisuus. Tiedotuslehti no 1/1971, Hki -71
- /38/ " Tasoliittymien liikenneturvallisuus  
Julkaisematon selvitys
- /39/ " Tienpidon taloussuunnitelma 1975-1979
- /40/ " Tieolosuhteet ja liikenneturvallisuus  
Tiedotuslehti no 6, Hki 10.10.67
- /41/ TVH/Tiesuunn.osas- TVL:n liikennetutkimuksia. Tarkkaileva lii-  
ton tiestötoimisto kennelaskenta vv. 1971-72. Liikenteen kasvu  
ja koostumus vv. 1965-1972. Helsinki 1973.
- /42/ TVH/Tiesuunn.os, Yhteenveto ulkolaisista tasoliittymäonnetto-  
tekn.tal. toimisto muuksia koskevista tutkimuksista. Tieolosuh-  
teet ja liikenneturvallisuus. Tiedotuslehti  
no 1/1969. Helsinki 30.06.1969.
- /43/ Wright Paul H Causes of Traffic Accidents. Traffic  
Baker Jo E Engineering June 1973



